LIBRARY
APR 29 1996
National Marine Fisheries Service
2570 Dole St.
Honolulu, Hawaii

ISSN 0582—415X

西水研研報
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst.
(73), 1995

BULLETIN
OF
SEIKAI NATIONAL FISHERIES RESEARCH INSTITUTE

No. 73
December 1995

西海区水産研究所研究報告

第 73 号

八重山諸島から得られたオオテンジクザメの生殖様式と
第2背鰭を欠く個体（英文）……手島和之・亀井良昭・戸田　実・内田詮三　1

東シナ海のマンガン分布に関する一知見……阿部和雄・渡辺康憲　13

丸特Bネットと改良型ノルパックネットによる卵稚仔採集比較試験—Ⅰ.
薩南海域の47定点における採集結果……松岡正信　21

丸特Bネットと改良型ノルパックネットによる卵稚仔採集比較試験—Ⅱ.
九州西方海域の3地点における反復採集結果……松岡正信　27

マイワシ卵のふ化率および摂餌開始期生残率等に及ぼす
水温と塩分の影響……松岡正信　37

マイワシの人工受精と卵の発生……松岡正信・宮地邦明・加藤　修　45

西海区水産研究所
長崎市国分町 49

平成 7 年 12 月

Digitized by the Internet Archive
in 2025

https://archive.org/details/bulletin-seikai-national-fisheries-research-institute_1995-12_73_1

Reproductive Mode of the Tawny Nurse Shark Taken from the Yaeyama Islands, Okinawa, Japan with Comments on Individuals Lacking the Second Dorsal Fin

Kazuyuki Teshima, Yoshiaki Kamei, Minoru Toda, and Senzo Uchida

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (73), 1–12 (1995)

On October 5 1994, two female tawny nurse shark, *Nebrius concolor*, measuring 280 cm and 272 cm TL were captured in the coastal shallow waters southeast of the Taketomi Island, Okinawa. The 272 cm TL female was pregnant. A 59.5 cm TL embryo found in the uterus had an extraordinarily swollen abdomen. Based on observations on ovaries, egg capsules in uteri and nidamental glands, and the embryo, some of the reproductive aspects are described and the reproductive mode for this species is suggested to be oophagy. Of the six sharks caught in October and November 1994, the three were found to be lacking the second dorsal fin. The occurrence of individuals lacking the second dorsal fin is not rare in the Yaeyama areas.

Key words: tawny nurse shark, *Nebrius concolor*, reproductive mode, oophagy, second dorsal fin, Yaeyama

A Preliminary Study on Manganese Distribution in the East China Sea

Kazuo Abe and Yasunori Watanabe

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (73), 13–19 (1995)

A preliminary study on Mn distribution in the East China Sea has been carried out. Water samples were collected vertically using a Go-Flo sampler from the coastal area with a water depth of about 40 m in spring and autumn 1992. Three fractions, dissolved, particulate leachable to acetic acid and other particulate Mn were determined. The distributions of the three fractions showed seasonal and local variations, and especially the particulate one varied over a wide range. The particulate Mn should be considered to be influenced strongly by the condition of the water column, namely the stability or the movement of water. The calculated average concentration of dissolved Mn ranged from 5 to 9 and 3 to 7 nM in spring and autumn, raspectively, which can be considered to be the magnitude of dissolved Mn concentration in the area studied in the East China Sea.

Key words: dissolved and particulate Mn, coastal area, the East China Sea

Comparative Efficiencies between Marutoku B Net and Remodelled NORPAC Net in Sampling Fish Eggs and Larvae–I. Results of Single Hauls at 47 Stations in the Southern Waters of Kyushu.

Masanobu Matsuoka

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (73), 21–26 (1995)

Marutoku B nets (MTB–net) have been used as the standard net for the spawning surveys of pelagic fishes in Japan since 1952. Recently the Remodelled NORPAC net (LNP –net) has been suggested to be the new standard net. So, comparative experiments of samplings of eggs and larvae between these two nets were undertaken at 47 stations to compare the practical efficiencies of the nets in the spawning survey ground in the southern waters of Kyushu. The two types of nets were mounted on a net frame and combined in eyeglass formation and simultaneously hauled from 150 m depth to the surface. The volume of water filtered by the LNP–net was significantly higher than that of the MTB–net (average 14.6%). However, the plankton wet weight/haul and the total number of fish eggs, fish larvae, sardine eggs and sardine larvae/haul were not significantly different between the two net types.

Key words: Marutoku B net, Remodelled NORPAC net, comparative efficiencies, sardine, eggs and larvae, spawning survey

Comparative Efficiencies between Marutoku B Net and Remodelled NORPAC Net in Sampling Fish Eggs and Larvae–II. Results of Repeated Hauls at 3 Sites in the Western Waters of Kyushu.

Masanobu Matsuoka

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (73), 27–35 (1995)

The comparative samples of fish eggs and larvae between the Marutoku B net (MTB –net) and the Remodelled NORPAC net (LNP–net) were undertaken. Experiments ①, ② and ③ respectively were composed of 10 repeated hauls at 3 different sites in the spawning survey ground in the western waters of Kyushu. The volume of filtered water and the plankton wet weight/haul of the LNP–net were considerably higher than those of the MTB –net. Among 3 experiments, Experiment ③ showed marked differences between the two nets. All catches of eggs and larvae including "iwashi" (anchovy, round herring and sardine)/haul were significantly higher for the LNP–net, mostly at the 1% level. This experiment was done under plankton–rich conditions. The present results indicated that nets having a high open area ratio, like the LNP–net, should be widely used for volumetric sampling in the spawning survey.

Key words: Marutoku B net, Remodelled NORPAC net, comparative efficiencies, sardine, anchovy, eggs and larvae, spawning survey

Influence of Temperature and Salinity on Hatching and Survival Rates at First-Feeding Stage in the Japanese Sardine

Masanobu Matsuoka

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (73), 37–44 (1995)

Eggs of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, collected from adjoining areas of Nagasaki Harbor, were incubated at four temperatures and seven salinities. The total and viable hatching rates, survival rate at first-feeding stage and rate of first-feeding success at 23.5℃ were lower than at 17.3 and 21.0℃. At 26.7℃, the total hatching rates were very low (20 and 28%) and no normally hatched larvae and no feeding ones were observed. The above four rates at salinities of 26.1, 30.5, 34.9 and 39.6 were almost higher than at salinities of 17.4, 44.3 and 53.8. Particularly, the viable hatching rates at salinity of 17.4 were considerably lower, 10 and 32%. Sardine eggs collected from near Tanegashima Island were also incubated at two different temperature ranges on the research vessel. The total and viable hatching rates at the range 16.2～17.6℃ incubated from the Ba stage did not markedly differ from the range at 21.1～22.1℃.

Key words: Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, eggs and larvae, temperature, salinity, hatching rate, survival rate, first-feeding stage

Artificial Fertilization and Egg Development of the Japanese Sardine

Masanobu Matsuoka, Kuniaki Miyaji and Osamu Katoh

Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., (73), 45–51 (1995)

This paper reports on the successful artificial fertilization of the eggs and observations of the embryonic development of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*. Adult sardines were caught by rod and line near Tanegashima Island. Artificial fertilization was attempted by the "dry method". A batch of ca. 2,000～3,000 inseminated eggs was incubated at 21–22℃. One hour after insemination, a perivitelline space was formed and the first cleavage of the blastodisc was observed. Some eggs formed a perivitelline space and blastodisc, but did not develop further, suggesting the eggs were unfertilized. For some specimens, the fixation of eggs in formalin solution caused considerable ejection of yolk matter, mainly between the blastula stage and the end of the Aa stage. In 4 hours, eggs reached blastula stage, B stage in 12 hours and C stage in 24 hours. Hatching occurred within 30 to 36 hours, although all larvae died within 1.5 days after hatching.

Key words: Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, artificial fertilization, egg, larva, hatching, development

Reproductive Mode of the Tawny Nurse Shark Taken from the Yaeyama Islands, Okinawa, Japan with Comments on Individuals Lacking the Second Dorsal Fin

Kazuyuki Teshima*, Yoshiaki Kamei**, Minoru Toda**
and Senzo Uchida**

ABSTRACT

Based on observations on ovaries, egg capsules in uteri and nidamental glands, and an embryo found in a 272 cm TL female tawny nurse shark, *Nebrius concolor*, taken from the Yaeyama Islands in Okinawa, some of the reproductive aspects are described and the reproductive mode for this species is suggested to be oophagy. Individuals lacking the second dorsal fin that were found in the Yaeyama areas are described.

INTRODUCTION

The first record of the tawny nurse shark, *Nebrius concolor*, occurring in Japanese waters was described by Yoshino et al. (1981) based on three specimen taken in the Yaeyama and Okinawa Islands. This species is wide-ranging in the Indo-West and Central Pacific region and occurs in the inshore waters of the continental and insular shelves at depths of less than one to at least 70 m (Last and Stevens, 1994; Randall, 1986; Randall et al., 1990). On October 5 and November 5 1994, six individuals of *N. concolor* were captured by longline from shallow areas of five to 20 m depth around the Yaeyama Islands. One of those individuals was pregnant and contained an embryo with an extraordinarily swollen abdomen. Three out of six individuals were found to be lacking the second dorsal fin.

This report describes some of reproductive aspects of this species based on observations on the ovaries, uteri, and the embryo and suggests that the reproduc-

Received October 3, 1995（平成7年10月3日受理）
Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 510（西海区水産研究所業績第501号）
The outline of this paper was presented at the 28th annual meeting of the Ichthyological Society of Japan held in March, 1995 in Tokyo.
*Seikai National Fisheries Research Institute, Ishigaki Tropical Station, 148 Fukai Ohta, Ishigaki, Okinawa 907-04, Japan（手島和之，西海区水産研究所石垣支所　〒907-04 沖縄県石垣市字浮海大田148）
**Okinawa Expo Aquarium, 424 Ishikawa, Motobu, Okinawa 905-03, Japan（亀井良昭・戸田　実・内田詮三，国営沖縄記念公園水族館　〒905-03 沖縄県本部町字石川424）

tive mode for this species is oophagy. Descriptions of individuals that lack the second dorsal fin are given; the occurrence of these individuals in the Yaeyama areas appears to be not uncommon.

MATERIALS AND METHODS

On October 5 1994, two female tawny nurse shark, *Nebrius concolor*, measuring 280 cm and 272 cm in total length (TL) were captured at the bottom in four to five m depth about 500 m southeast of Taketomi Island, Okinawa by local fishermen engaged in the trap net fishery (Fig. 1). One of the two female sharks was pregnant. Ovaries and uteri removed from the 272 cm TL female were brought to the laboratory for observations. This female lacked the second dorsal fin.

Fig. 1. Two female tawny nurse shark, *Nebrius concolor*, taken on October 5 1994. Left; 280 cm TL, Right; 272 cm TL. The right hand individual lacks the second dorsal fin. An arrow indicates the area where the second dorsal fin is normally formed.

Fig. 2. A female tawny nurse shark (177 cm TL), missing the second dorsal fin, taken on November 5 1994. An arrow indicates the swelling where the second dorsal fin is normally formed.

Fig. 3. A male tawny nurse shark (276 cm TL), missing the second dorsal fin, taken on November 5 1994. An arrow indicates the swelling where the second dorsal fin is normally formed.

On November 5 1994, two female (280 and 177 cm TL) and two male (276 and ca. 300 cm TL) *N. concolor* were captured by longline in the coastal shallow waters around Ishigaki Island. Reproductive organs of the 280 cm TL female were observed when it was dissected at the fish market. Of the four sharks, two (177 cm female and 276 cm male) lacked the second dorsal fin (Figs. 2, 3). At the fish market part of the body, on which the second dorsal fin was formed originally, was cut off transversely from these two sharks, brought to the laboratory, and frozen for X-ray observations.

Direct observations on the reproductive behavior were conducted from April 1989 through December 1989 in the Okinawa Expo Aquarium, Motobu, Okinawa. During this period two female (250 and 263 cm TL) and one male (220 cm TL) *N. concolor* were observed while in captivity.

RESULTS

Reproductive anatomy

The ovary

In the October 272 cm TL pregnant female, the right ovary (about 30 cm length, 25 cm width, and 8cm thickness) was much larger in size than the left one (7 cm length, 5 cm width, and 2 cm thickness). The right ovary was densely filled with a large number of yolked oocytes of 20–23 mm diameter (Fig. 4) while a small number of non-yolked oocytes of 2–5 mm diameter were observed on the ventral surface of the left ovary (Fig. 7). Several concavities (probably, postovulatory follicles) at varying sizes of 5 to 15 mm diameter were formed on the anterior end of the right ovary (Fig. 5).

In the November 280 cm TL non-pregnant female, the right ovary appeared to have contained many more postovulatory follicles than yolked oocytes. In addition, postovulatory follicles in the November ovary were much greater in number than those in the October ovary. Like the October female, the left ovary was much smaller in size than the right one.

The uterus

In the October 272 cm TL female, numerous transversely running folds of about 2 mm height were formed regularly on the internal surface throughout the uterus(Fig. 7). Yolk material, probably an ovulated egg was observed to have flowed out from the anterior part of the left oviduct when dissected.

In the uterus of the November 280 cm TL female, numerous regularly arranged folds similar to those in the October sample were observed. No embryos or egg capsules were found in the uteri. However, both uteri were flaccid and the

November 280cm TL female appeared to have given birth recently.

The egg capsule

An egg capsule was found in each uterus of the October 272 cm TL female. The egg of about 45 mm diameter was contained in a transparent, pale-brown, onion-shaped egg capsule measuring about 90 mm length, 50 mm width, and 25 mm thickness (Fig. 6). Each nidamental gland contained an egg capsule enclosing a single egg (Fig. 7). The egg capsule was similar in shape to that found in the uterus, but was a little smaller in size. Unlike those found in the uteri, the egg capsule in the nidamental gland was not transparent and was white in color.

The embryo

The head of an embryo was seen protruding from the cloaca of the 272 cm TL female *N. concolor* when landed at the fish market. On dissection, the embryo was found to have been contained in the left uterus. The embryo measured 59.5 cm TL and had an extraordinarily swollen abdomen (Fig. 8).

After dissecting the abdomen of the embryo, it was found that a large amount of yolk material was packed densely in the distended stomach (Fig. 9), resulting in the extraordinarily swollen abdomen. The stomach wall was very thin.

Reproductive behavior in captivity

Around August of 1989, it was noticed that the abdomen of the 263 cm TL female *N. concolor* had began to swell. This female was confirmed to have laid 53 egg capsules in the tank from October 31 through December 6 1989. A yellowy brown, flattened, oval shaped egg capsule containing a single egg was 100–120 mm length and 55–65 mm width, and about 40 mm thickness (Fig. 10). Eleven egg capsules were collected for further observations. Some were kept in a tank separate from other fish. However, about a month later yolk material was noticed flowing out of the capsules and they were obviously rotting.

Absence of the second dorsal fin

Of the two sharks caught on October 5 1994, the 272 cm TL female (referred to as A) was found to be lacking the second dorsal fin (Fig. 1). All other external characters were identical with those of the 280 cm TL female. However, a 59.5 cm TL embryo, found in the left uterus of A, was normal in shape and had the second dorsal fin (Fig. 8).

Of the four sharks caught on November 5 1994, a 177 cm TL female (referred to as B) and a 276 cm TL male (referred to as C) lacked the second dorsal fin (Figs. 2, 3). Unlike A, which had a smooth dorsal profile where the second dorsal fin should have been, this area was raised into a bump in B and C (Figs. 2, 3).

Fig. 4. Right ovary of a 272 cm TL female tawny nurse shark containing a large number of mature oocytes.

Fig. 5. Right ovary of a 272 cm TL female tawny nurse shark containing postovulatory follicles (arrows) of varying sizes.

Fig. 6. An egg capsule found in the uterus of a 272 cm TL female tawny nurse shark.

Fig. 7. An egg capsule found in the nidamental gland of a 272 cm female tawny nurse shark. Uterus with numerous folds on its internal surface. Ec; egg capsule, Lo; left ovary, Ng; nidamental gland, O; oviduct, U; uterus.

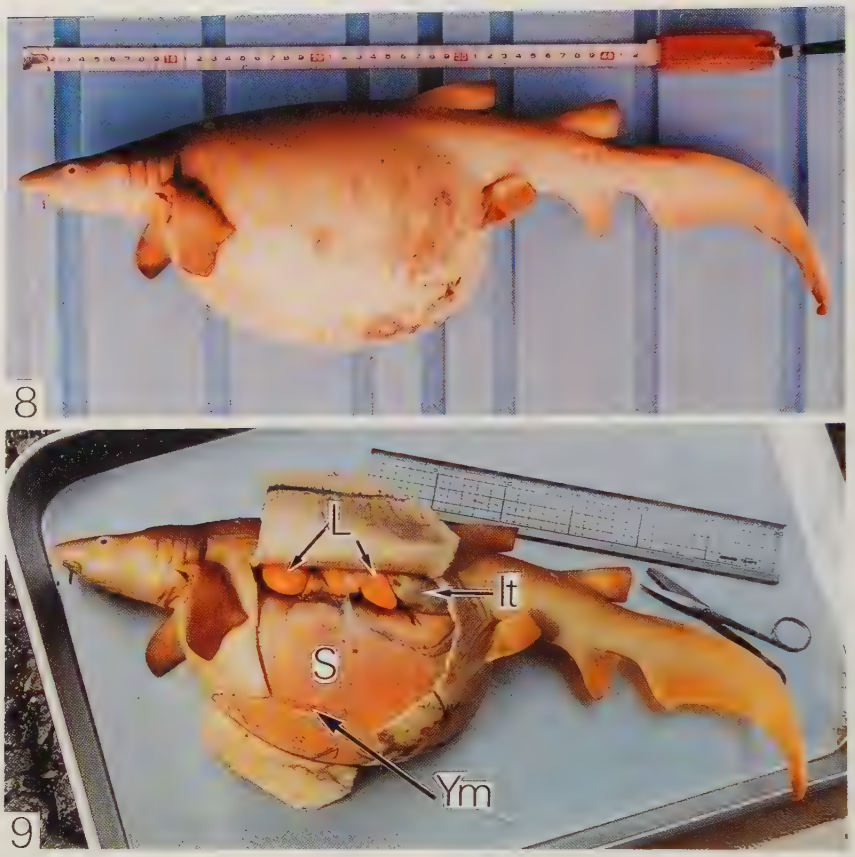

Fig. 8. An embryo of 59.5 cm TL with an extraordinarily swollen abdomen.
Fig. 9. An embryo of 59.5 cm TL with a distended stomach in which a large amount of yolk material was densely packed. It; intestine, L; liver, S; Stomach, Ym; yolk material.

The raised area in B appeared to be larger in size than in C. The raised areas in B and C appeared to be formed by tissues other than cartilage; cartilage could be seen in the anal fin of B (Fig. 11) and C in X-ray photographs.

DISCUSSION

Reproductive mode

The right ovary of the October 272 cm TL female had a large number of yolked oocytes of 20–23 mm diameter that appeared ready to be ovulated, as well as postovulatory follicles of varying sizes. At the same time, this female had an egg capsule containing an egg in each of the nidamental glands and uteri. The presence of mature eggs and postovulatory follicles in the ovary and an egg

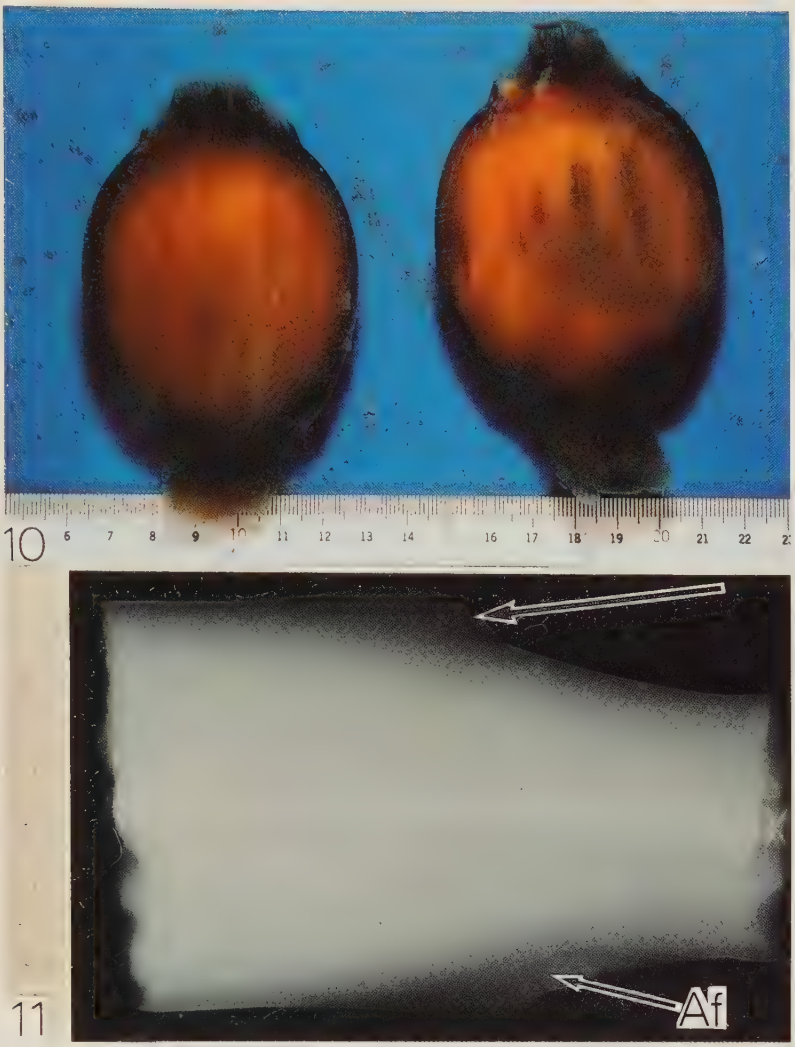

Fig. 10. Egg capsules released in a tank by a 263 cm TL female being kept in captivity at Okinawa Expo Aquarium.

Fig. 11. A x-ray photograph of the raised area (indicated by an arrow) of a 177 cm TL female where the second dorsal fin would normally be. Af; anal fin.

capsule in the nidamental glands and uteri suggest that ovulation was occurring at the time that the shark was captured. The presence of a large number of mature eggs in the ovary suggests that ovulation might have continued to occur if this shark had not been captured.

The 59.5 cm TL embryo, found in the left uterus of the October 272 cm TL adult, had an extraordinarily extended stomach in which a large amount of yolk

material was densely packed. No trace of the yolk (umbilical) stalk scar was found on its abdomen and no placental connection was formed. The extended stomach of the embryo densely filled by a large amount of yolk material, an egg capsule in the nidamental glands and uteri, and possible successive ovulation indicate that the 59.5 cm TL embryo might have fed on the supply of ovulated eggs and stored ingested yolk material in its stomach, resulting in the greatly swollen abdomen (Figs. 8, 9). It is, therefore, suggested that the reproductive mode of *N. concolor* is oophagy in which the embryo obtains nourishment by feeding on the supply of ovulated eggs.

Egg capsules, released by the female tawny nurse shark kept in captivity in the aquarium were slightly larger in size than those found in the uteri of the dissected pregnant female. In each case, a single egg was contained in each egg capsule. The female shark that released the 53 egg capsules was probably not pregnant. The non-pregnant female might produce larger egg capsules, although the reason for this was not determined.

The lamniform sharks are known to include several oophagous species; *Carcharias taurus* (Springer, 1948), *Pseudocarcharias kamoharai* (Fujita, 1981), *Alopias pelagicus* (Otake and Mizue, 1981), *Isurus oxyrinchus* (Cadenat, 1956) and *Lamna nasus* (Bigelow and Schroeder, 1948). In addition to the laminiform sharks, evidence presented in this paper suggests that one orectolobid shark, *Nebrius concolor* is also oophagous.

In the literature (Compagno, 1984; Last and Stevens, 1994; Randall, 1986; Randall et al., 1990), *N. concolor* is reported to be an ovoviviparous species that retains the egg capsules until they hatch and the embryos are born. Length at birth is reported to be about 40 cm, with the number of embryos being at least four per uterus (Last and Stevens, 1994; Randall et al., 1990).

The 59.5 cm TL present embryo found in the uterus was much larger than the length at birth reported previously. The greatly extended yolk-stomach suggests that development was not complete and it is considered that length at birth for *N. concolor* is greater than 60 cm TL in the Yaeyama area.

The large difference in birth size (about 20 cm) suggested between this study and previous literature reports should be clarified by examining an entire embryonic series and determining if the difference may be due to geographical variation.

Absence of second dorsal fin

Including specimens examined in this study, seven individuals of *N. concolor* have been reported to be missing the second dorsal fin as summarized in Table 1 (Taniuchi and Yanagisawa, 1987; Teng, 1962; Yanagisawa, 1983; Yoshino et al.,

Table 1. Tawny nurse sharks missing the second dorsal fin

Authors	Year	Locality	TL	Sex
Teng	1956	Keelung	248 cm	Male
Yoshino et al.	1979	Ishigaki	106 cm	Female[a)]
Yanagisawa	1981	Wakayama	282 cm	Male
Taniuchi and Yanagisawa	1986	Wakayama	290 cm	Male[b)]
Present study	1994	Ishigaki	273 cm	Female
			276 cm	Male[c)]
			177 cm	Female[c)]

a) This female is now being kept at Okinawa Expo Aquarium since capture. Present total length; 265 cm (as of December 20 1994).
b) Albinism
c) Area, where the second dorsal fin is normally formed, was raised up.

Fig. 12. A female tawny nurse shark missing the second dorsal fin which is now being kept in captivity in the Okinawa Expo Aquarium (see Table 1).

1981). These include three females and four males, indicating that lacks of the second dorsal fin might not be caused by sexual differentiation. A 59.5 cm TL embryo had the second dorsal fin although its mother lacked the second dorsal fin. The second dorsal fin is thought to be lost during embryonic development before the young are born as no trace of this fin was visible in X-ray photographs.

At present, we do not know why this phenomenon occurs. However, the following points are of relevance; 1) the percentage occurrence of specimens

lacking the second dorsal fin, 2) does the loss of the fin occur before or after birth ?, If before birth, embryological and genetic studies are needed. If after birth, factors such as environmental or oceanographic conditions that may induce loss of this fin should be clarified. As Table 1 shows, the occurrence of individuals lacking the second dorsal fin is not rare in the Yaeyama areas.

In Japanese waters, *N. concolor* that were missing the second dorsal fin was first reported by Yoshino et al. in 1981. This female shark has been kept in captivity in the Okinawa Expo Aquarium for 15 years since its capture(Fig. 12). As of December 1994, this shark was 265 cm TL and had grown over 106 cm TL since it was captured in the Yaeyama area in 1979.

ACKNOWLEDGEMENTS

Mr. Mamoru Tamaki, assistant chief of Fisheries Section of Ishigaki City Government provided full facilities for collecting and observing samples through negotiations with the Yaeyama Fishermen's Cooperative. A number of fishermen engaged in the trap net and diving fisheries in the Yaeyama areas were kind enough to provide us with sharks they caught. We greatly appreciated the help of Dr. Tomohiro Yonaha at the Yonaha Clinic, Ishigaki City in taking the X-ray photographs of the dorsal part of the tawny nurse sharks missing the second dorsal fin. Dr. Tetsuo Yoshino of University of Ryukyus made valuable comments on the manuscript. Dr. John D. Stevens of CSIRO Marine Laboratories, Australia critically read the original manuscript and gave us valuable comments and suggestions on improving it.

REFERENCES

Bigelow, H. B. and W. C. Schroeder 1948: Sharks. In "Fishes of the western North Atlantic" (ed. by Tee-Van, J. et al.), Part I, 59-576, Mem. Sears Fdn. mar. Res., Yale Univ., New Haven.

Cadenat, J. 1956: Notes d'ichtyologie ouestafricaine XIV. Remarques biologiques sur le Requin-sable *Carcharias* (*Odontaspis*) *taurus* Rafinesque 1810. Bull. Inst. Franc. Afriq. Noire, 18(4), 1249-1256.

Compagno, L. J. V. 1984: Sharks of the world. 655pp., FAO Species Catalogue, Vol. 4, Part I & II, FAO, Rome.

Fujita, K. 1981: Oviphagous embryos of the Pseudocarchariid shark, *Pseudocarcharias kamoharai*, from the Central Pacific. Japan. J. Ichthyol., 28(1), 37-44.

Last, P. R. and J. D. Stevens 1994: Sharks and rays of Australia. 513pp., CSIRO, Australia.

Otake, T. and K. Mizue 1981: Direct evidence for oophagy in thresher shark, *Alopias*

pelagicus. Japan. J. Ichthyol., 28(2), 171–172.

Randall, J. E. 1986: Sharks of Arabia. 148pp., Immel Publishing, London.

Randall, J. E., G. R. Allen, and R. C. Steene 1990: Fishes of the Great Barrier Reef and coral sea. 507pp., University of Hawaii Press, Honolulu.

Springer, S. 1948: Oviphagous embryos of the sand shark, *Carcharias taurus*. Copeia, 1948(3), 153–157.

Taniuchi, T. and F. Yanagisawa 1987: Albinism and lack of second dorsal fin in an adult tawny nurse shark, *Nebrius concolor*, from Japan. Japan. J. Ichthyol., 34(3), 393–395.

Teng, H. T. 1962. Studies on the classification and distribution of chondrichthyan fishes of Taiwan. 304pp., Ph. D. Thesis, Kyoto Univ., (Mimeograph in Japanese).

Yanagisawa, F. 1983: A new record of the giant sleepy shark, *Nebrius concolor*, at Kumano-nada, Japan. Nanki Biol. Soc., 25(1), 121–125. (In Japanese).

Yoshino, T., W. Hiramatsu, M. Toda, and S. Uchida 1981: New records of two sharks, *Nebrius concolor* and *Negaprion acutidens* from Japanese waters. Bull. Col. Sci. Univ. Ryukyus, (32), 37–46.

八重山諸島から得られたオオテンジクザメの生殖様式と第2背鰭を欠く個体

手島　和之・亀井　良昭・戸田　　実・内田　詮三

抄　　録

1994年10月5日に竹富島南東の浅海域で，2個体の雌のオオテンジクザメ，*Nebrius concolor*,（全長272，280㎝）が捕獲された。2個体の内，全長272㎝の雌は妊娠しており，左の子宮に腹部が異常に肥大した全長59.5㎝の胎児1個体を，左右の子宮に卵殻を1個ずつ有していた。胎児の肥大した胃は卵黄物質で充満されていた。右側の卵巣には多数の成熟卵があり，先端にはさまざまな大きさの排卵後濾胞とみえる窪みが観察された。また，左右の卵殻腺内には，不透明な白色の卵殻が1個ずつ見られ，卵殻内には1個の卵があった。多数の成熟卵，排卵後濾胞，卵殻腺及び子宮内の卵殻の存在から，全長272㎝の雌のオオテンジクザメは10月5日の採集時には継続して排卵を行っていたことが示唆される。これらのことと胎児の腹部の状態から，オオテンジクザメの生殖様式は卵食性（Oophagy）の可能性が高い。

1994年10，11月に捕獲された6個体のオオテンジクザメの内，3個体が第2背鰭を欠いていた。第2背鰭を欠いた原因は不明であるが，これらの個体の出現は八重山域では，珍しいものではないといえる。

西水研研報　第73号　平成7年12月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 73, December 1995

東シナ海のマンガン分布に関する一知見

阿部　和雄*・渡辺　康憲**

A Preliminary Study on Manganese Distributions in the East China Sea

Kazuo Abe* and Yasunori Watanabe**

ABSTRACT

A preliminary study on Mn distribution in the East China Sea has been carried out. Water samples were collected vertically using a Go-Flo sampler from the coastal area with a water depth of about 40 m in spring and autumn 1992. Three fractions, dissolved, particulate leachable to acetic acid and other parteculate Mn were determined. The distributions of the three fractions showed seasonal and local variations, and especially the particulate one varied over a wide range. The particulate Mn should be considered to be influenced strongly by the condition of the water column, namely the stability or the movement of water. The calculated average concentration of dissolved Mn ranged from 5 to 9 and 3 to 7 nM in spring and autumn, respectively, which can be considered to be the magnitude of dissolved Mn concentration in the area studied in the East China Sea.

はじめに

海洋における微量重金属はその濃度が著しく低いために，正確な濃度の報告がなされるようになったのは1970年代のことであり，古くから生物生産に関連があると言われていた鉄にいたっては1980年代の後半になってのことである．それらの原因の多くは分析機器の性能が充分でなかったこともあったが，採水から分析に至る一連の過程での試料の汚染（コンタミネーション）の解明に時間を要したことに起因する．正確な濃度及び海洋におけるそれらの分布が報告されるにつれ，植物プランクトンを中心とした生物生産活動との関連が注目され，一部の微量重金属の分布が栄養塩のそれと類似していることから生物活動に支配されることも指摘されるようになった（例えば De Baar et al., 1994）．

海洋における微量重金属の一つであるマンガンは，環境水中の酸化・還元系によりその化学形態が支配さ

平成7年11月14日受理（Received November 14, 1995）
西海区水産研究所業績第514号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 514）
*西海区水産研究所石垣支所　〒907 石垣市字桴海大田148（*Ishigaki Tropical Station Seikai National Fisheries Research Institute, 148 Fukai-Ota, Ishigaki 907, Japan）
西海区水産研究所　〒950 長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, 49 Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan）

れる元素として知られ，主に微生物の活動により懸濁物の表面等で酸化状態が進行する（例えば，Sunda and Huntsman, 1987）．溶存マンガンの分布は栄養塩の分布型とは逆に，外洋域においては表層で濃度が高く，中・深層では除去により低い濃度を示す．生物生産活動にとっては鉄とともに必須元素として知られ，生物生産の盛んな沿岸域においては重要な元素であるとともに，その挙動はこれらの活動との相互作用との兼ね合いからも興味深いものがあり，生物生産を規制する可能性も考えられる．本研究においては，世界的にも生物生産の高い東シナ海におけるマンガンの挙動を解明するための基礎研究として，当海域における濃度レベルを見積ることを目的とした．

方　　法

(1) 調査点および採水

Fig. 1 に示す北緯31.5°ラインに沿って，長江沖合い域の3測点で平成4年5月と9月に，西海水研漁業調査船陽光丸により調査を行った．マンガン分析用の

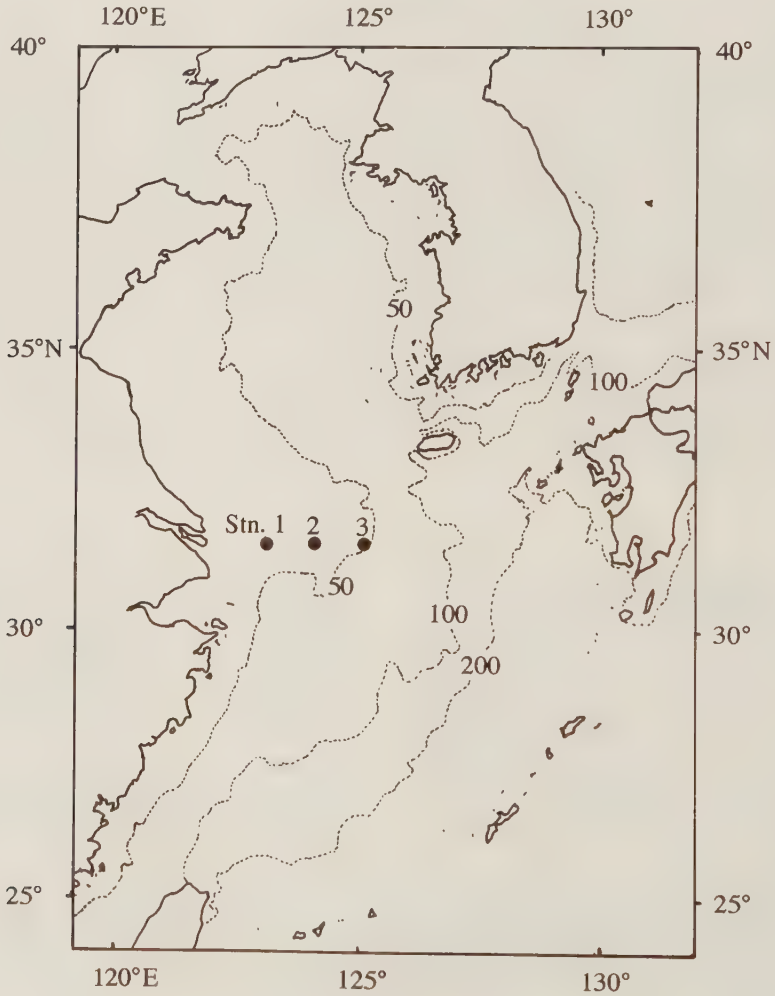

Fig. 1 Sampling stations.

試水はゴーフロー採水器で鉛直的に採水し，酸洗浄したポリエチレン瓶に移し，さらにポリエチレン袋に包んで直ちに凍結保存した（−40℃）．研究所内の実験室において解凍後分析操作を行った．塩分・水温は CTD により観測を行い，塩分値はサリノメーター（オートラブ社 MODEL601 MK-VI）を用いて補正した．

(2) マンガン分析

溶存マンガン分析は，分析操作中のコンタミネーションを極力避ける目的で未濾過海水を用いて行った．500mlの海水を Shigematu (1975) の方法を改良した DDTC（ジエチルジチオカルバミン酸ナトリウム）−DIBK（ジイソブチルケトン）法で溶媒抽出により濃縮を行い，DIBK 溶液を直接 ICP に導入して定量を行った．抽出操作中において，懸濁態マンガンからの混入が6.2%程度確認されたため（未発表），未濾過海水を用いたものは全懸濁態マンガン濃度の値を用いてこの分を補正した．懸濁態マンガンは0.6μmヌクレポアーフィルターで試水を濾過し，濾紙上のものを10%酢酸に2時間浸漬して溶出するもの（酢酸抽出区分）(Kudo et al., 1992) と，さらに残さを硝酸，過塩素酸，フッ酸を用いテフロンボム内で高温高圧分解（乗木ら，1980）した区分（その他の区分）について定量した．すべての定量操作は日本ジャーレルアッシュ ICAP-575MARK II を用いて行った．実験室内での操作は室内空気からのマンガンの混入を防ぐために，クラス100クリーンベンチ内で行った．分析精度は溶存，酢酸抽出区分，その他の懸濁態マンガンでそれぞれ10nMレベルで4.0%，18nMレベルで4.1%，8.7nMレベルで8.6%程度であった．

結 果 と 考 察

Fig. 2-a, b に5月および9月の塩分と水温をそれぞれ示した．5月の塩分は，東経123°付近の表層水で河川水の影響と思われる低塩分水の存在を示したが，全般的に観測点付近では鉛直的によく混合され，ほぼ上下均一の分布であった．東へ向かう程，つまり長江の河口から遠ざかるにつれて塩分値は高くなり，黒潮系の高塩分水との混合が認められた．水温も上下均一の傾向であるが，東経123°付近の表層にやや高めの値が示された．塩分と水温から判断すると，5月の調査点付近は，長江よりの高温・低塩分及び大陸棚端方面の低温・高塩分の水塊に挟まれ，鉛直的に比較的よく混合された海域として特徴付けられる．9月の観測結果を Fig. 2-b に示した．東経123〜124°付近では33.2以上の高塩分が観測され，この観測時には長江などの河川水の影響が極めて小さいことが推測される．東経125°付近の底層には低塩分・低温の水塊の存在が僅か

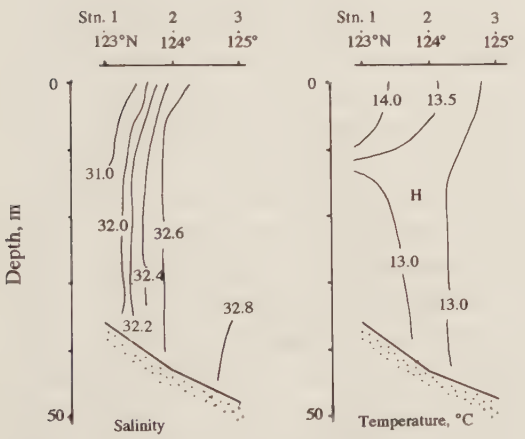

Fig. 2-a Salinity and temperature distributions in spring (May).

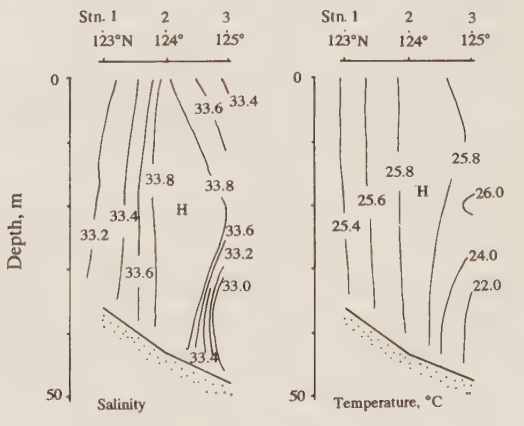

Fig. 2-b Salinity and temperature distributions in autumn (September).

ではあるが認められる．これは冬季に形成された黄海中冷水が観測点付近の底層に張り出している現象ではないかと思われるが，この現象の確認にはより詳細な研究が必要であろう．9月においても調査点である東経123°から東経125°までは，塩分・水温から判断すると，成層状態は認められず比較的鉛直的に混合されていると考えられる．

マンガンの分析結果を Table 1 に示し，さらにこれらの結果を Fig. 3〜5 にプロットした．溶存マンガンは5月では，Stn. 1 および2の海底近くで濃度が多少増加傾向であるが，3調査点とも鉛直的にほぼ均一の傾向を示すものの，大陸よりの点で高い傾向があり，7〜11nMであった．Stn. 3 では5〜7 nMであり，調査海域では沖へ向かう程塩分が高くなると言う結果から判断しても，定性的には河川起源の溶存マンガンが沖に向かうにつれ，より低濃度の水に希釈されているものと推察される．一般に河川では海洋より高い濃度の重金属が定量されており（例えば Edmond et al., 1985），また，沖から沿岸へ濃度が増加する報告もあり（Jones and Murray, 1985），本研究で得られた結果はこれらの結果とも矛盾しない．9月では，大陸よりの調査点では濃度レベルが低くなり，表層から中層では2〜5 nMであった．Stn. 3 では5月とほぼ同程度のレベルを示したが，底層付近では海底へ向かい濃度が増加する傾向があり，最大32nMが定量された．マンガンは一般にまわりの環境の酸化・還元系に従って

Table 1 Results of Mn analysis.

Date	Stn.	Water Depth (m)	Sampling Depth (m)	Dissolved Mn (nM)	Leachable Mn to Acetic Acid (nM)	Other Particulate Mn (nM)
5/11	1	36	1	7.2	2.6	4.6
			10	6.5	1.0	2.7
			20	8.8	10.6	8.4
			30	9.1	89.7	39.7
5/10	2	43	1	6.5	14.7	7.8
			10	7.1	10.4	7.6
			20	7.1	33.5	19.0
			30	8.2	43.0	40.2
			40	10.6	124	33.3
5/10	3	48	1	6.6	4.6	12.1
			10	4.7	4.1	16.4
			20	5.7	9.3	19.3
			30	3.8	33.6	13.6
			45	5.2	159	72.4
9/11	1	34	1	2.0	22.6	23.9
			10	2.8	17.3	13.5
			16	2.8	21.6	17.9
			21	3.8	22.9	15.3
			26	3.2	20.6	14.9
			31	4.5	25.5	17.9
9/11	2	42	1	—	28.4	—
			10	4.3	25.7	10.5
			21	3.0	26.9	8.3
			26	3.5	26.7	13.4
			31	5.4	38.7	16.5
			36	10.7	46.1	15.6
			41	11.4	53.3	19.7
9/11	3	48	1	3.5	4.9	8.5
			10	4.9	1.8	6.0
			20	2.8	1.4	8.0
			30	3.4	45.1	37.9
			35	6.3	107	79.7
			40	12.8	227	182
			45	31.9	266	152

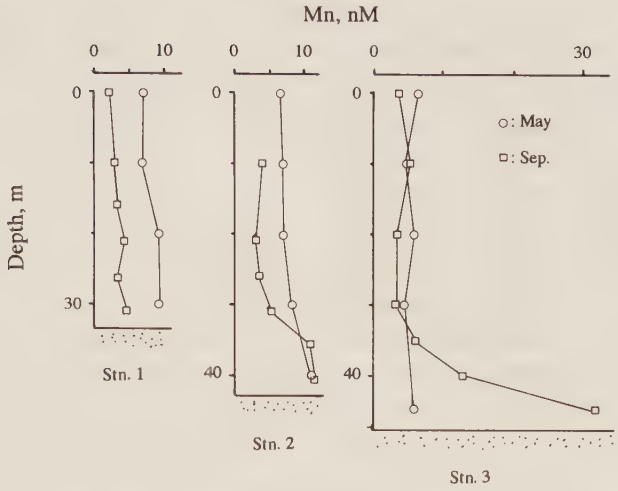

Fig. 3 Vertical profiles of dissolved Mn.

酸化数が変化し，還元環境においては最小で＋2の酸化数をもち，これは溶存種である．海水中では無酸素あるいは貧酸素環境下において粒状マンガンは還元され溶存種となり（Martin and Knauer, 1982; 1984），還元環境下の堆積物内ではしばしば固相のマンガンが還元され，間隙水を通して直上水への溶出が起こる（Yeats et al., 1979）．本報告における底層付近のマンガン濃度の増加は，水がよく混合していることを考慮すると，堆積物からの拡散とは考えにくい．堆積物の酸化・還元環境のデータも必要であるが，他水塊との混合等によるマンガンの供給等が考えられる．いずれにせよ今後の詳細な研究が必要である．

懸濁態マンガンの結果を Fig. 4, 5 に示した．酢酸で抽出される区分は主に懸濁物等に吸着したものと考えられ（Chester and Hughes, 1967），バクテリアにより除々に酸化され（例えば Sunda and Huntsman, 1987），本報告の定義ではその他の区分に移行するものと考えられる．長江河口域に最も近い Stn. 1 における酢酸抽出区分は，5月には底層で高濃度を示したが，9月では鉛直的にほぼ均一な分布であり，それぞれ1～90，17～26nMの範囲であった．その他の区分も同様な傾向であり，5月，9月でそれぞれ3～40，14～24nMであった．これらの値や分布状態がそのまま春季・秋季を代表するとは言い難いが，それぞれの区分の濃度はおおよそ1～90，3～40nM程度の範囲であると判断できる．Stn. 2 における懸濁態マンガンも Stn. 1 とほぼ同様の分布パターンを示したが，この調査点では9月においても底層に向ってわずかに濃度が増加する傾向であった．酢酸抽出区分は5月，9月で10～120，26～53nM，その他の区分で8～40，8～20nMであり，春・秋の両季節ではそれぞれ10～120，8～40nMと Stn. 1 よりもわずかに高い傾向であった．

Stn. 3 ではこの傾向がさらに大きくなり，両季節ともに底層へ向かう濃度勾配が認められ，最深部における酢酸抽出区分，その他の区分は5月では160，73，9月では270，150nMに達した．特に9月では他の観測点との違いが著しく，これは30m以深に認められる斜面に沿った水の影響の可能性も考えられる．5月の結果も値は低いが同様な傾向を示すことから，他水塊の張り出しの影響と観測点における底質の特徴を反映していると考えるのが妥当である．定性的な表現に留まるが，観測点が長江河口から離れるに従い，懸濁態マンガンの底層での濃度増加が見られ，これらは底質の状況（例えば，浜田と満塩，1987）に対応するものと推察される．粒径が細かく，水の動きにより比較的移動しやすい粒子が東側の観測点に多いとなれば，この現象は説明がつく．つまり，河川起源の堆積物の中で比較的大きな粒子がより河口近くに堆積し，細かなものが遠くまで輸送されることに対応しているものと思われるが，詳細な研究は今後の課題であると考えられ

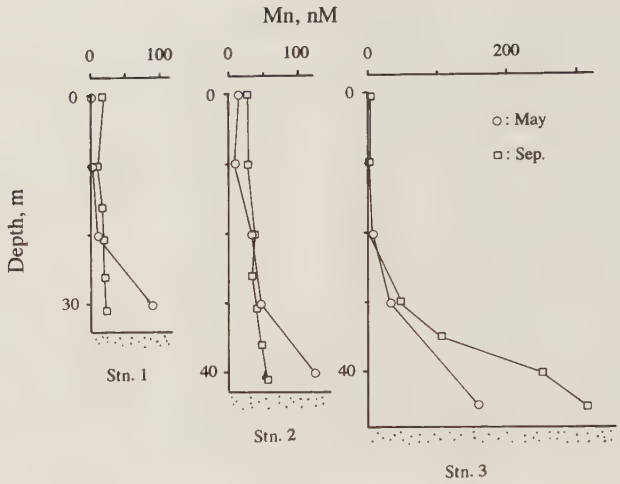

Fig. 4 Vertical profiles of leachable particulate Mn.

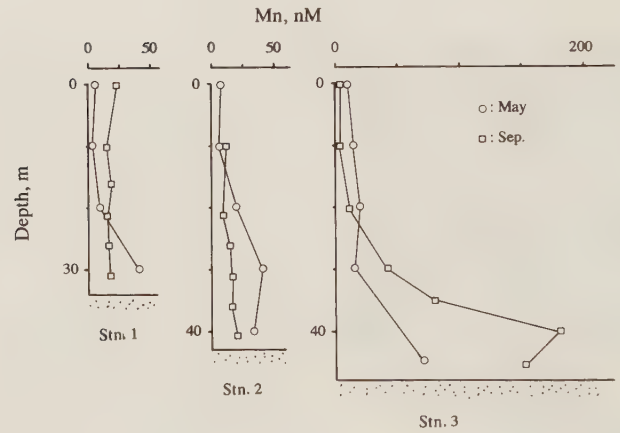

Fig. 5 Vertical profiles of other particulate Mn.

る．9月は5月より底層付近の懸濁態マンガン濃度が高いが，これは水の混合の度合に依存しているものと推察される．

大陸棚のような浅海域では，低気圧の通過，潮汐による底層水の移動等の自然現象の影響を受けやすく，そこに存在する化学成分は水の動きに伴って複雑な挙動を示すものと考えられ，観測の頻度によっては季節変動等の正確な把握が不十分なことも想定される．特に懸濁態の場合には，上層水の動きによる巻き上げ等により分布の形，もしくは存在量自体も影響を受け易い．本報告を結ぶにあたり溶存態に限って，東シナ海の水深30～50m程度の海域における濃度レベルの推定を試みた．現存量を水深で除して平均濃度を算出し，Table 2 に示した．9月の Stn. 3 は底層で高濃度が観測されたため，さらにこの値を除いた濃度を括弧の中に示した．5月では長江河口よりで高濃度の傾向を示し，観測域全体では5～8nMの範囲であった．一方9月は，5月より低濃度であり，Stn. 3 の底層を除くと3～5nMの範囲であった．これは観測年では，9月のほうが5月より河川の影響が小さかったことに起因する可能性もあるが，河川水の影響を含めた定量的な論議は今後の課題であると思われる．いずれにせよ，

Table 2 Averaged concentrations of dissolved Mn.

Season	St.	Mn(nM)
Spring	1	7.85
	2	7.76
	3	4.95
Autumn	1	3.06
	2	5.47
	3	6.61 (4.60)

観測された2つの季節では溶存マンガンは3～8nMの範囲であることが示され，調査点付近におけるおおよその濃度であると推定され，この値は一般的な外洋の混合層の1～2nM程度と比べると高めであり，この海域では陸水の影響を大きく受けていることが判明した．

以上述べたように，この調査結果だけでは東シナ海の大陸棚全域の論議はできないものの，調査点における春・秋の結果より，40m程度の深度におけるマンガン濃度の推定がなされたものと考えられ，溶存区分では3～8と数nM程度であり，懸濁態区分に関しては海況の状況に応じて幅がでるが，概ね数～数百nMであると推定される．沿岸域においては，複雑な海水の動きや生物生産活動の影響が予想されるが，マンガンのみならず，これ以外の微量重金属元素の挙動についてもより詳細な研究が切望されるところである．

謝　辞

本研究は西海区水産研究所海洋環境部において行われたものであり，所長以下職員の方々に感謝致します．試料採取に際しまして，西海区水産研究所陽光丸船長はじめ乗組員の方々に感謝致します．また，一部塩分・水温データを提供していただいた，西海区水産研究所生物環境研究室井関和夫室長に感謝致します．

引　用　文　献

Chester, R. and M. J. Hughes 1967: A chemical technique for the separation of ferro-manganese minerals, carbonate minerals and adsorbed trace elements from pelagic sediments. Chem. Geol., 2, 249–262.

Edmond, J. M, Spivack, A., Grant, B. C., Hu, M.-H., Chen, Z., Chen, S. and X. Zeng 1985: Chemical dyamics of the Changjiang estuary. Contnent. Shelf Res., 4, 17–36.

Jones, C. J. and J. W. Murray 1985: The geochemistry of manganese in the northeast Pacific Ocean off Washington. Limnol. Oceanogr., 30, 81–92.

Kudo, I., Ohyama, T., Nakabayashi, S., Kuma, K. and K. Matsunaga 1992: Behavior and dynamic balance of manganese during spring bloom in Funka Bay, Japan. Mar. Chem., 40, 273–289.

Martin, J. H. and G. A. Knauer 1982: Manganese cycling in northeast Pacific equatorial waters. J. Mar. Res., 40, 1213–1225.

Martin, J. H. and G. A. Knauer 1984: VERTEX: manganese transport through oxygen minima. Earth Planet. Sci. Lett., 67, 35–47.

乗木新一郎・中西圭太・府川輝明・植松光夫・内田哲男・角皆静男 1980：フロン密閉容器を用いた各種海洋科学的試料中の化学成分の定量法．北大水産彙報，34，354–361.

浜田七郎・満塩大洸 1987：東シナ海・黄海域における堆積物の海底地質学的区分．西水研研報，64，25–34.

Shigematsu, T, Matsui, M., Fujino, O. and K. Kinoshita 1975: Determination of manganese in natural waters by atomic absorption spectrometry with a carbon tube atomizer. Anal. Chim. Acta, 76, 329–336.

Sunda, W. G. and S. A. Huntsman 1987: Microbial oxidation of manganese in a North Carolina estuary. Limnol. Oceanogr., 32, 552–564.

Yeats, P. A., Sundby, B. and J. M. Bewers 1979: Manganese recycling in coastal waters. Mar. Chem., 17, 43–55.

西水研研報　第73号　平成7年12月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 73, December 1995

丸特Bネットと改良型ノルパックネットによる卵仔魚採集比較試験—Ⅰ. 薩南海域の47定点における採集結果

松　岡　正　信*

Comparative Efficiencies between Marutoku B Net and Remodelled NORPAC Net in Sampling Fish Eggs and Larvae–I. Results of Single Hauls at 47 Stations in the Southern Waters of Kyushu

Masanobu Matsuoka*

ABSTRACT

Marutoku B nets (MTB–net) have been used as the standard net for the spawning surveys of pelagic fishes in Japan since 1952. Recently the Remodelled NORPAC net (LNP–net) has been suggested to be the new standard net. So, comparative experiments of *in–situ* samplings of eggs and larvae between these two nets were undertaken at 47 stations to compare the practical efficiencies of the nets in the spawning survey ground in the southern waters of Kyushu.

The two types of nets were mounted on a net frame and combined in a tandem–like, eyeglass formation and simultaneously hauled from 150m depth to the surface. The volume of water filtered by the LNP–net was significantly higher than that of the MTB–net (average 14.6%). However, the plankton wet weight/haul and the total number of fish eggs, fish larvae, sardine eggs and sardine larvae/haul were not significantly different between the two net types. When these values were compared against the volume of filtered water (m^3), only the plankton wet weight/m^3 of the MTB–net was found to be significantly higher than that of the LNP–net.

平成7年11月14日受理（Received November 14, 1995）
西海区水産研究所業績第512号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 512）
本報告の一部は1989年4月，日本水産学会春季大会（東京）において発表した．
*西海区水産研究所　〒850 長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu–machi, Nagasaki 850, Japan）

はじめに

従来より，水産庁水産研究所および各県水産試験場によって行われている浮魚類の産卵調査では，丸特Bネット（Nakai, 1962）が多く用いられてきた．丸特Bネットは側長80cmと短く扱い易い反面，開口比は1.7と小さく目詰まりを起こし易いとの指摘が多くなされてきた（Smith *et al.*, 1968；元田，1974；森，1981）．そこで，元田（1974）はこれに替わる円筒円錐型ネットの試案を発表し，森（1989）はこれに若干の改変を加え，新しい標準ネットとして提唱した．その後，この改良型ノルパックネットと称されるネットを産卵調査に使用する例が増加している（森，1992）．

一方，元田（1974）は，長期にわたって用いられてきたネットを変更する場合には，新旧ネットの採集能力の相互検定を十分に行う必要性のあることを指摘している．ところが，丸特Bネットと改良型ノルパックネットの採集効率を比較した報告は少なく（澤本他，1983；小谷，1994），しかも，魚卵・仔魚を直接比較対象とした例はない．そこで，実際の産卵調査現場で，調査の主対象であるイワシ類の卵仔魚の採集を目的として，両ネットの並列採集試験を行い，その採集結果を比較検討した．

本研究を行うにあたり，西海区水産研究所庄島洋一浮魚資源生態研究室長（当時）には採集に関するご助言をいただき，故加藤史彦魚類増殖研究室長（当時）には統計検定に関するご助言をいただいた．小西芳信浮魚資源生態研究室長および小笹悦二増殖漁場研究室長には論文の校閲を，STA Fellowship 研究員 Chris Norman 博士には英文の校閲をしていただいた．また，調査船「陽光丸」の乗組員諸氏には，終始熱心に調査にご協力いただいた．ここに記して心から感謝の意を表する．

方　法

採集試験は，1988年3月1日から9日にかけて，水産庁西海区水産研究所調査船「陽光丸」によって行った．Fig. 1 には採集定点を示し，薩南海域を中心としたこれら47定点において各1回ずつ採集した．採集試験に用いた丸特Bネットと改良型ノルパックネットの構造と規格を Table 1 に示した．曳網に際し，口径45cmのリングを眼鏡型に連結し，これに両ネットを取り付けた．このリングを4本のブライドルで吊り下げ，重錘は20kgを使用した．また，それぞれのネットの網口中央に濾水計を取り付けた．ネットの曳網はワイヤ長150m，秒速1.0mで，海面までの鉛直びきを行った．ただし，水深が150mより浅い4定点ではワイヤ長を水深—2mとした．

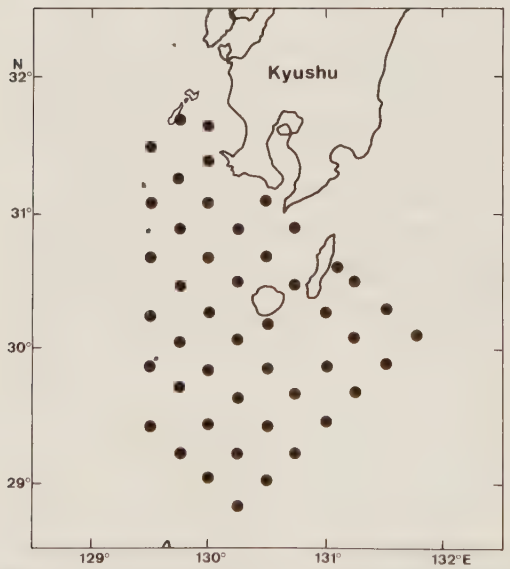

Fig. 1. The 47 stations used in this survey for the experimental hauls to compare the Marutoku B and Remodelled NORPAC nets (solid circles).

濾水量は各曳網時の濾水計回転数と無網試験の結果より算出した．また，得られたネット採集標本は10%ホルマリンで固定して実験室へ持ち帰り，全魚卵数，全仔魚数，マイワシ（*Sardinops melanostictus*）卵数，マイワシ仔魚数の計数およびプランクトン湿重量の計量を行った．

Table 1. Comparative data on the net construction of the Marutoku B net and the Remodelled NORPAC net (after Nakai (1962) and Mori (1992)).

	Marutoku B net	Remodelled NORPAC net
Mouth area (m^2)	0.159	0.159
Length of cylinder (cm)	0	65
Length of cone (cm)	80	130
Plankton gauze	NGG 54	Nytal 52GG
Mesh width (mm)	0.33	0.335
Porosity	0.46	0.46
Open area ratio	1.7	5.12

結　　果

Fig. 2 は横軸に丸特Bネット，縦軸に改良型ノルパックネットの各観測値（採集値）を示し，同時に曳網した両ネットの観測値がグラフ中の45°線より上側にあれば改良型ノルパックネットの値が高く，下側にあれば丸特Bネットの値が高いことを表している．

濾水量はすべての定点で改良型ノルパックネットの方が丸特Bネットを上回り，最小で8.2%，最大で24.2%，平均で14.6%多い結果となった．平均値の差の検定（対応あり）では1%レベルで有意な差が認められた（Fig. 2A, Table 2).

プランクトン湿重量は一曳網当たり0.16～1.38gとかなり少ない状態であり，一曳網当たりの比較では両ネット間で有意な差はなかった．ただ，プランクトン量が1.0g以上の場合には，丸特Bネットより改良型ノルパックネットの方が多い傾向にあった（Fig. 2B). また，単位濾水量当たりで比較すると5%レベルで有意差があり，丸特Bネットの方が多い結果となった（Table 2).

今回の採集試験の結果，丸特Bネットで得られた総魚卵数は2,118個（内マイワシ卵1,740個），総仔魚数991個体（内マイワシ仔魚668個体）であった．改良型ノルパックネットでは，それぞれ総魚卵数1,627（マイワシ卵1,404），総仔魚数1,076（マイワシ仔魚806）であり，両ネットとも定点間で採集値はばらついていた．一曳網当たりおよび単位濾水量当たりの全魚卵数，全仔魚数，マイワシ卵数，マイワシ仔魚数について検定したところ，いずれの場合も有意な差は認められなかった．採集値のばらつきを減らすために各採集値の対数値についても同様に検定したところ，単位濾水量当たり全魚卵数の場合のみ5%レベルで丸特Bネットの方が多い結果となった（Fig. 2C–F, Table 2).

考　　察

今回の採集試験では，濾水量は明らかに丸特Bネットより改良型ノルパックネットの方が多かったが，一曳網当たりの採集物量では明瞭な差は認められなかった．上野（1988）は開口比の異なる4種類のネットを比較した結果，プランクトン沈澱量もカタクチイワシ採集卵数も平均濾水量から期待される値と必ずしも良い一致を示さなかったと報告している．小谷・小達（1987）は，外洋域において丸特Bネットと通常のノルパックネットの採集試験を行い，今回とほぼ同様の結果を得ている．彼らはその理由として，外洋域という目詰まりの起こりにくい条件と，対象生物の微細分布の差による可能性を指摘している．今回採集を行った薩南海域では，小谷・小達（1987）の場合よりさらにプランクトン量は少なく，両ネット間の濾水量の差も平均で14.6%と比較的小さかった．このような場合には，卵仔魚等の微細分布の差が濾水量の差を上回

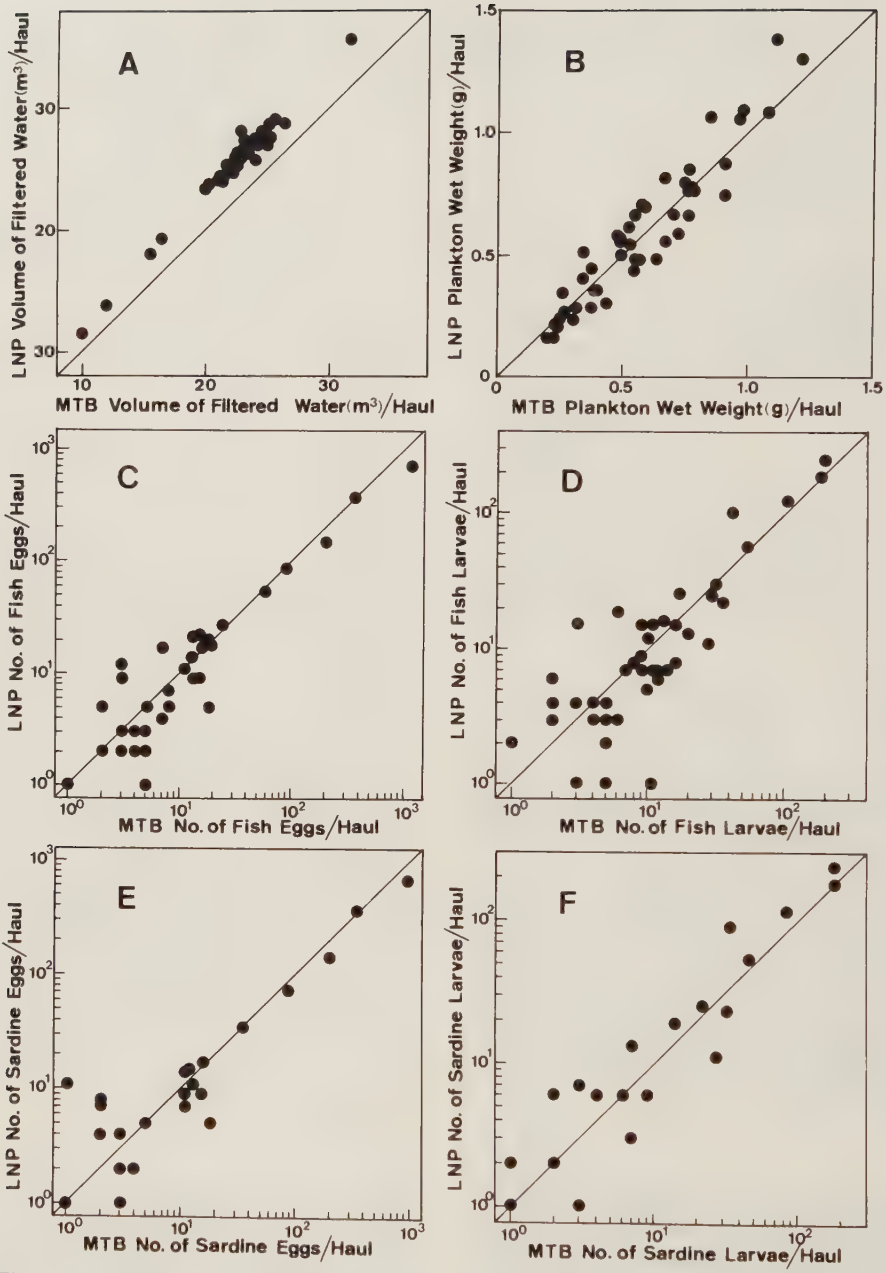

Fig. 2. Relationships of sampled data between the Marutoku B net (MTB) and the Remodelled NORPAC net (LNP). A: Volume of filtered water (m^3)/haul. B: Plankton wet weight (g)/haul. C: Number of all fish eggs/haul. D: Number of all fish larvae/haul. E: Number of sardine eggs/haul. F: Number of sardine larvae/haul. The slope of 1 is given in each graph to indicate the level of equality.

Table 2. Results of t-tests of the various sampled data between the Marutoku B net (MTB) and the Remodelled NORPAC net (LNP).

Parameters	n	t	Significance	
Volume of filtered water (m^3) /haul	47	33.558	++	MTB<LNP
Plankton wet weight (g) /haul	47	0.926	−	
No. of all fish eggs/haul	47	1.126	−	
No. of all fish larvae/haul	47	1.038	−	
No. of sardine eggs/haul	24	1.200	−	
No. of sardine larvae/haul	30	1.470	−	
Plankton wet weight (g) /m^3	47	4.999	+	MTB>LNP
No. of all fish eggs/m^3	47	1.422	−	
No. of all fish larvae/m^3	47	1.045	−	
No. of sardine eggs/m^3	24	1.541	−	
No. of sardine larvae/m^3	30	0.029	−	

++, 1% significance level; +, 5% significance level; −, not significant

り，採集物量に差の出ない可能性も考えられる．また，両採集試験とも多数の定点で1回ずつの採集を行ったもので，定点間の採集生物量にばらつきが大きかったことも明瞭な差が検出されなかった原因のひとつではないかと考えられる．一方，単位濾水量当たりのプランクトン湿重量は丸特Bネットの方が有意に多い結果であった．また，小谷（1994）は改良型ノルパックネットより丸特Bネットの方が採集生物量が多い傾向となる例を報告している．このことは，開口比の小さいネットが部分的により目詰まりを起こし，より小さい生物を捕集した結果（小笹・木元，1988）と考えられる．

澤本他（1983）は清水港沖における5回の反復採集によって丸特Bネット，ノルパックネットおよび改良型ノルパックネットの採集効率を比較した．（ただ，ここで用いた改良型ノルパックネットはネット地としてNytal 52GG ではなくサンライン・ニップ60番を使用しており，開口比が6.5と森（1989）のものより大きくなっている）．その結果では，濾水量およびプランクトン採集量のいずれにおいても，丸特Bネットより改良型ノルパックネットの方が明らかに多かった．この採集試験は生物量の多い時期（4月30日）に行っており，丸特Bネットの濾水率は55.0%または60.7%であり，相当に目詰まりが起きていたと考えられる．その結果，両ネット間で顕著な差が出たものと思われる．

以上のように，今回の結果は，定点間で採集生物量のばらつきが大きく，また，全体的にプランクトン量が少なく目詰まりが起こりにくい条件下での採集試験であったために濾水量以外には明瞭な差が認められなかったものと考えられる．しかし，産卵調査の行われる海洋条件は様々であるため，今後，時期や海域を変えての比較試験や同一地点での反復採集を行うことにより，どのような条件下でどの程度の差があるのかを明らかにする必要がある．

文　献

小谷祐一　1994：ネット（丸特，NORPAC，及び改良型 NORPAC）の相互比較と標準化について．「プランクトン採集法標準化作業部会報告」，16–24，中央水産研究所（水産研究官），横浜．

小谷祐一・小達和子　1987：丸特ネットと NORPAC ネットの並列採集器の外洋における曳網試験の結果について．1987年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集，p. 201.

小笹悦二・木元克則 1988：プランクトンネットの開口比が濾過効率と採集量に及ぼす影響. 西海区水産研究所研究報告, (66), 13–19.

森慶一郎 1981：魚類プランクトンの定量採集方法. 漁業資源研究会議報, (22), 29–52.

森慶一郎 1989：イワシ類等を主対象とする卵稚仔調査結果の一括とりまとめ・公表および採集方法の統一に関する提案. 1988年度漁業資源研究会議, 浮魚・環境合同部会報告：80–89.

森慶一郎 1992：小口径ネットによる鉛直曳網.「浮魚類卵・稚仔採集調査マニュアル」, 8–14, 中央水産研究所（水産研究官), 横浜.

元田 茂 1974：プランクトンの採集.「海洋プランクトン」（丸茂隆三編), 海洋学講座10, 191–225, 東京大学出版会, 東京.

Nakai, Z. 1962: Apparatus for collecting macroplankton in the spawning surveys of iwashi (sardine, anchovy, and round herring) and others. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., (9), 221–237.

澤本彰三・吉田正人・塩田喜夫 1983：プランクトンネット3種の採集効率相互検定（予報). 東海大学海洋研究所研究報告, (5), 45–48.

Smith, P. E., R. C. Counts and R. I. Clutter 1968: Changes in filtering efficiency of plankton nets due to clogging under tow. J. Cons. perm. int. explor. Mer., 32(2), 232–248.

上野正博 1988：プランクトンネットの濾水率が採集結果に与える影響. 水産海洋研究会報, 52(1), 1–6.

丸特Ｂネットと改良型ノルパックネットによる卵仔魚採集比較試験—Ⅱ. 九州西方海域の３地点における反復採集結果

松　岡　正　信*

Comparative Efficiencies between Marutoku B Net and Remodelled NORPAC Net in Sampling Fish Eggs and Larvae–Ⅱ. Results of Repeated Hauls at 3 Sites in the Western Waters of Kyushu

Masanobu Matsuoka*

ABSTRACT

As a continuation of previous report (Matsuoka, 1995), comparative samples of fish eggs and larvae between the Marutoku B net (MTB–net) and the Remodelled NORPAC net (LNP–net) were undertaken. Experiments ①, ② and ③ respectively were composed of 10 repeated hauls at 3 different sites in the spawning survey ground in the western waters of Kyushu. The volume of water filtered by the LNP–net was considerably higher than that of the MTB–net (average 34%) and the plankton wet weight/haul of the LNP–net was also significantly higher than that of the MTB–net.

As for the catches of eggs and larvae, Experiment ① showed only the number of fish larvae with the exception of the number of sardines/haul being significantly higher in the LNP–net. In Experiment ②, the number of sardine eggs was clearly higher in the LNP–net. Experiment ③ showed marked differences between the two nets. All catches of eggs and larvae between the MTB–net and LNP–net including the commercially important group "iwashi" (anchovy, round herring and sardine)/haul were significantly higher for the LNP–net, mostly at the 1% level. This experiment was done under calm conditions, and many gelatinous plankton caused net clogging. The spawning survey is sometimes conducted in more plankton–rich conditions, so the present results indicated that nets having a high open area ratio, like the LNP–net, should be widely used for volumetric sampling in the spawning survey.

平成７年11月14日受理（Received November 14, 1995）
西海区水産研究所業績第513号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 513）
本報告の一部は1991年10月，日本水産学会秋季大会（岩手県）において発表した．
*西海区水産研究所　〒850 長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu–machi, Nagasaki 850, Japan）

はじめに

前報（松岡，1995）では，薩南海域において丸特Bネットと改良型ノルパックネットの並列採集試験を行った結果，濾水量は明らかに後者の方が多かったが，一曳網当たりプランクトン湿重量や卵仔魚数では，いずれの場合も有意差は認められなかったことを報告した．この理由として，プランクトン量が少なくて目詰まりが起こりにくい条件下であったこと，多数の定点で一回ずつ採集したためにデータにばらつきが大きかったこと，および，プランクトンや卵仔魚の微細分布に差があった可能性などが示唆された．実際に産卵調査の行われる海洋条件は様々であるため，元田（1974）の指摘にあるように，さらに時期や海域を変えて比較試験を行い，十分にデータを蓄積することが重要であると考えられる．

そこで，本報告では，産卵調査の際に3箇所の異なる海域で反復採集を行い，その採集結果を比較検討した．なお，前報に記した方々には，本研究においても同様にご援助をいただいた．心から感謝の意を表する．

方　法

これらの採集試験は，いずれも水産庁西海区水産研究所調査船「陽光丸」によって Fig. 1 に示した海域において行った．①は1989年3月3日に屋久島の北側海域（北緯30°41′，東経130°31′）において，②は同年3月5日に甑島列島の東側海域（同31°40′，同129°48′）において，③は同年4月23日に五島列島の北西海域（同33°07′，同128°30′）において，いずれも昼間に採集試験を行った．以下では，それぞれを実験①，実験②，実験③と称する．使用したネットとリング，および，曳網方法や採集標本の処理方法などは前報（松岡，1995）と同様である．ただし，採集誤差と，プランクトンや卵仔魚の微細分布の差をできるだけ小さくするために，それぞれの海域において各10回の反復採集を行った．実験③については，1例で濾水計がうまく作動しなかったため，単位濾水量当たりのデータは9例について比較した．

結　果

今回の採集試験の主な対象種はイワシ類（マイワシ *Sardinops melanostictus*，カタクチイワシ *Engraulis japonicus*，ウルメイワシ *Etrumeus teres*）の卵仔魚である．実験①で採集された卵仔魚のうち，卵の76%，仔魚の73%がマイワシであり，カタクチイワシ仔魚2個体が採集された他は全部イワシ類以外の魚種であった．実験②では，卵の98%，仔魚の96%がマイワシであり，他のイワシ類は採集されなかった．実験③では，卵の72%がカタクチイワシであり，他にウルメイワシとわずかにマイワシが採集された．また，イワシ類以外の卵も16%存在した．仔魚の採集例は比較的少なく，イワシ類ではウルメイワシ，カタクチイワシ，マイワシの順であり，その他の仔魚が44%を占めた（Table 1）．それぞれの採集状況により，以下の卵仔魚の検討項目を決定した．

実験①

この実験はかなりの荒天下で行われた．改良型ノルパックネットの濾水量は平均して36%丸特Bネットを上回り，平均値の差（対応あり）の検定の結果，1%レベルで有意差が認められた．一曳網当たりのプランクトン湿重量は1.96〜3.83 g であり，5%レベルで改良型ノルパックネットの方が多い結果となった．

一曳網当たりの全魚卵数，マイワシ卵数，マイワシ以外の魚卵数，全仔魚数およびマイワシ仔魚数は，両ネット間で全く有意差はなかった．ただ，マイワシ以外の仔魚数のみ5%レベルで改良型ノルパックネットの方が多い結果となった．

単位濾水量当たりでも同様に比較したところ，多くの場合有意差はなかったが，全魚卵数とマイワシ以外の魚卵数の場合のみ5%レベルで丸特Bネットの方が多い結果となった（Fig. 2, Table 2）．

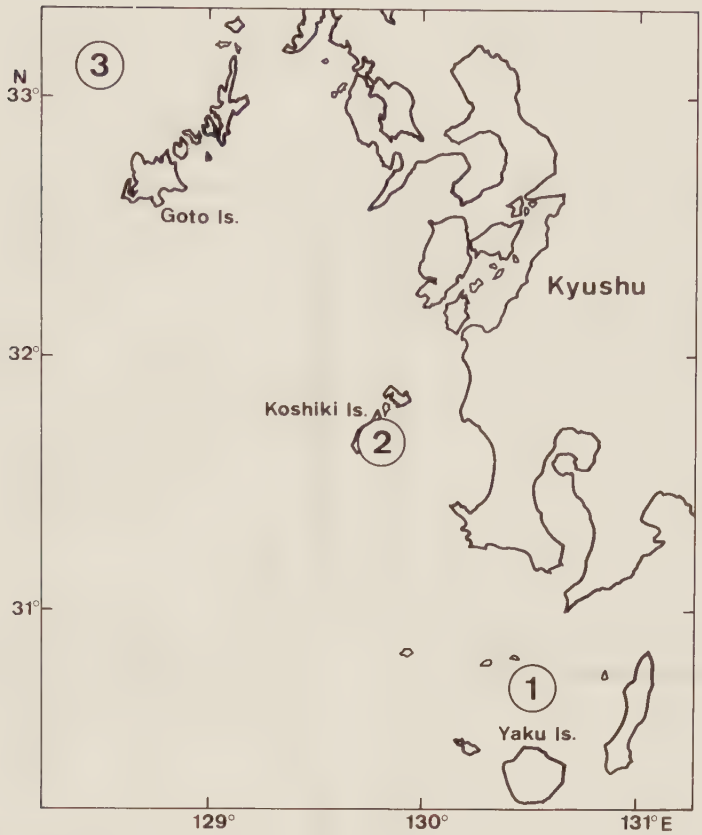

Fig. 1. Sampling sites used in Experiment ①, ② and ③ to compare the Marutoku B and Remodelled NORPAC nets.

Table 1. Total numbers of "iwashi" (sardine, anchovy and round herring) eggs and larvae caught in Experiment ①, ② and ③ by the Marutoku B net (MTB) and the Remodelled NORPAC net (LNP).

	No. of fish eggs				No. of fish larvae			
	Sardine	Anchovy	Round herring	Others	Sardine	Anchovy	Round herring	Others
Experiment ①								
MTB	493	0	0	150	183	2	0	63
LNP	514	0	0	160	244	0	0	90
Experiment ②								
MTB	880	0	0	18	459	0	0	21
LNP	1,261	0	0	18	555	0	0	19
Experiment ③								
MTB	6	349	54	88	3	25	39	44
LNP	12	538	77	103	3	39	56	86

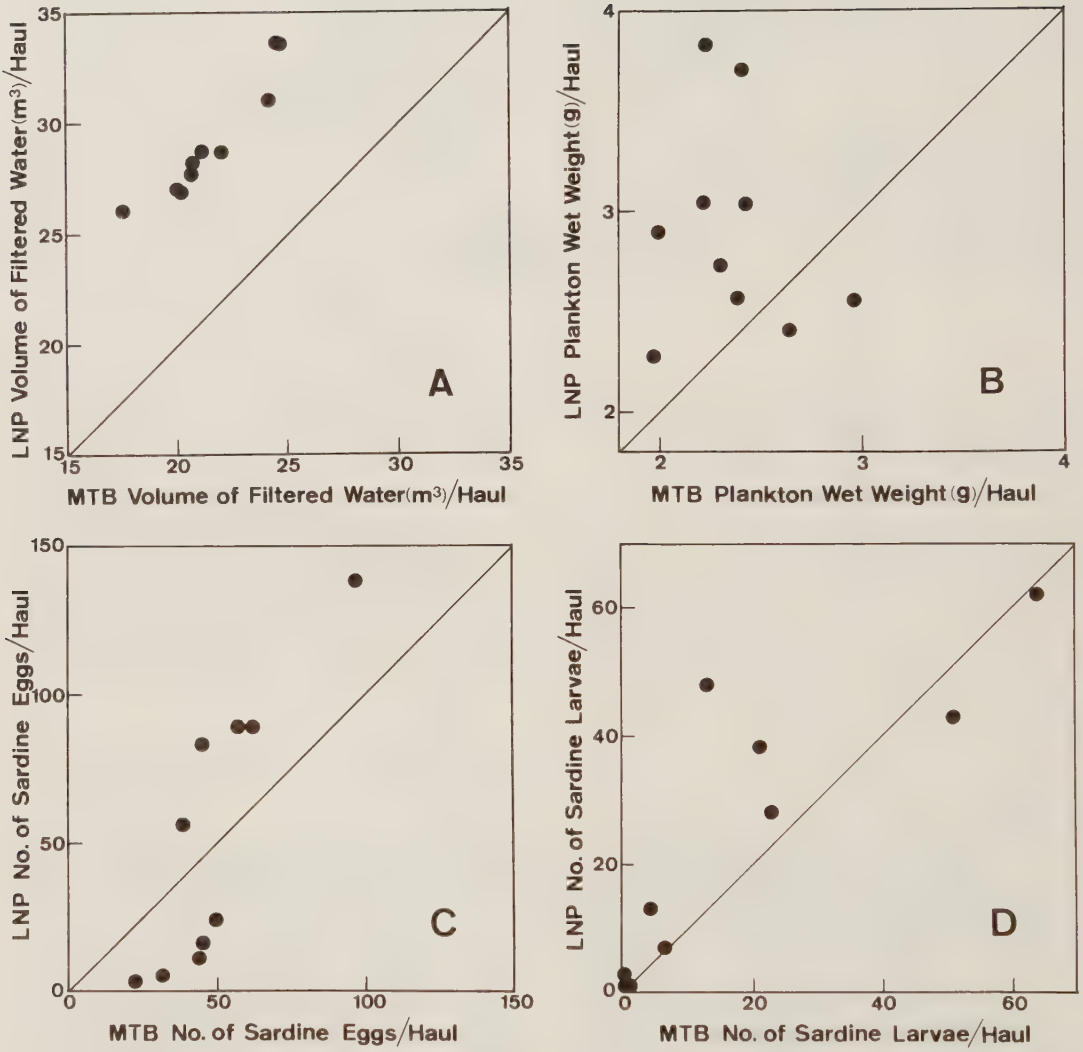

Fig. 2. Relationships of sampled data of Experiment ① between the Marutoku B net (MTB) and the Remodelled NORPAC net (LNP). A: Volume of filtered water (m^3)/haul. B: Plankton wet weight (g)/haul. C: Number of sardine eggs/haul. D: Number of sardine larvae/haul. The slope of 1 is given in each graph to indicate level of equality.

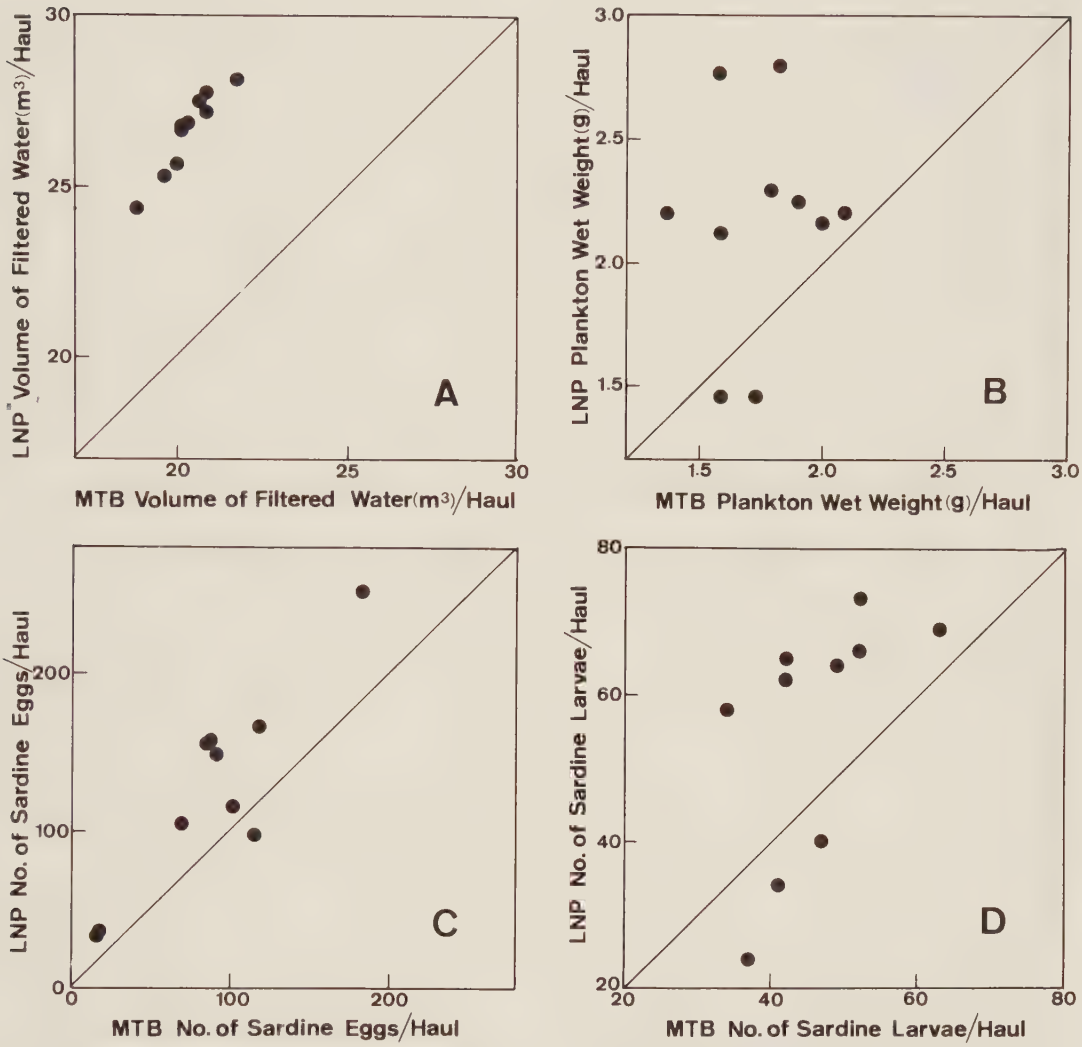

Fig. 3. Relationships of sampled data of Experiment ② between the Marutoku B net (MTB) and the Remodelled NORPAC net (LNP). A: Volume of filtered water (m^3)/haul. B: Plankton wet weight (g)/haul. C: Number of sardine eggs/haul. D: Number of sardine larvae/haul. The slope of 1 is given in each graph to indicate level of equality.

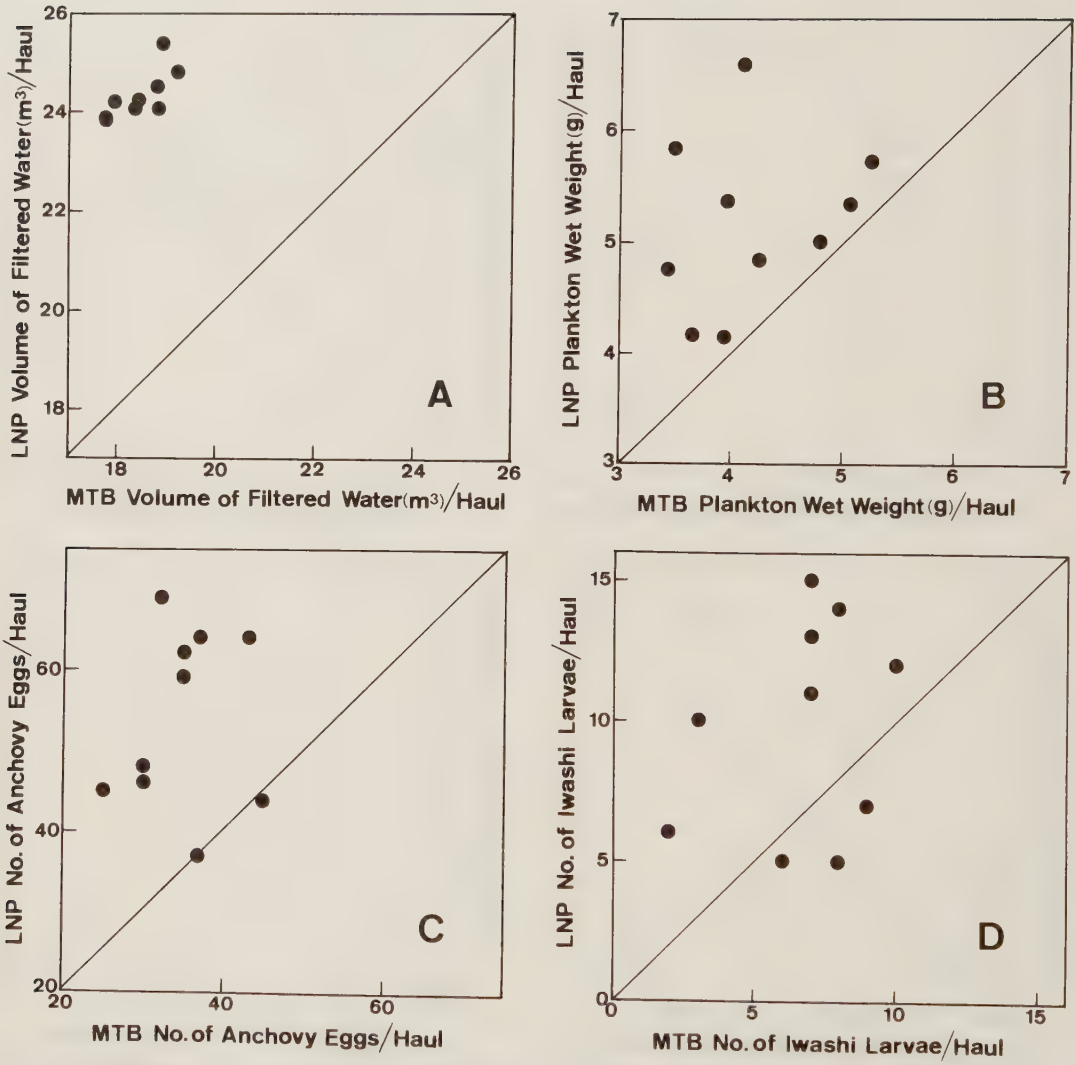

Fig. 4. Relationships of sampled data of Experiment ③ between the Marutoku B net (MTB) and the Remodelled NORPAC net (LNP). A: Volume of filtered water (m^3)/haul. B: Plankton wet weight (g)/haul. C: Number of anchovy eggs/haul. D: Number of "iwashi" larvae/haul. The slope of 1 is given in each graph to indicate level of equality.

Table 2. Results of t-tests of the various sampled data in Experiment ① between the Marutoku B net (MTB) and the Remodelled NORPAC net (LNP).

Parameters	n	t	Significance	
Volume of filtered water (m^3)/haul	10	25.012	++	MTB<LNP
Plankton wet weight (g)/haul	10	2.780	+	MTB<LNP
No. of all fish eggs/haul	10	0.320	−	
No. of sardine eggs/haul	10	0.214	−	
No. of fish eggs except sardine/haul	10	0.703	−	
No. of all fish larvae/haul	10	1.914	−	
No. of sardine larvae/haul	10	1.589	−	
No. of fish larvae except sardine/haul	10	2.298	+	MTB<LNP
Plankton wet weight (g)/m^3	10	1.096	−	
No. of all fish eggs/m^3	10	2.500	+	MTB>LNP
No. of sardine eggs/m^3	10	1.820	−	
No. of fish eggs except sardine/m^3	10	2.968	+	MTB>LNP
No. of all fish larvae/m^3	10	0.182	−	
No. of sardine larvae/m^3	10	0.261	−	
No. of fish larvae except sardine/m^3	10	0.247	−	

++, 1% significance level; +, 5% significance level; −, not significant

Table 3. Results of t-tests of the various sampled data in Experiment ② between the Marutoku B net (MTB) and the Remodelled NORPAC net (LNP).

Parameters	n	t	Significance	
Volume of filtered water (m^3)/haul	10	39.763	++	MTB<LNP
Plankton wet weight (g)/haul	10	2.845	+	MTB<LNP
No. of sardine eggs/haul	10	4.043	++	MTB<LNP
No. of sardine larvae/haul	10	2.178	−	
Plankton wet weight (g)/m^3	10	0.725	−	
No. of sardine eggs/m^3	10	1.165	−	
No. of sardine larvae/m^3	10	1.127	−	

++, 1% significance level; +, 5% significance level; −, not significant

実験②

改良型ノルパックネットの濾水量は平均して33%丸特Bネットを上回り，1%レベルの有意差があった．一曳網当たりのプランクトン湿重量は1.36～2.80 gであり，5%レベルで改良型ノルパックネットの方が多い結果となった．

一曳網当たりのマイワシ卵数は10曳網中9例で改良型ノルパックネットの方が多く，1%レベルの有意差があった．しかし，マイワシ仔魚数はわずかに5%レベルの有意差に達しなかった．

単位濾水量当たりの採集生物量は，いずれの場合も有意差はなかった（Fig. 3, Table 3）．

実験③

改良型ノルパックネットの濾水量は平均で32%丸特Bネットを上回り，1%レベルの有意差があった．一曳網当たりのプランクトン湿重量は3.44～6.58 gであり，10曳網中すべての例で改良型ノルパックネットの

Table 4. Results of t-tests of the various sampled data in Experiment ③ between the Marutoku B net (MTB) and the Remodelled NORPAC net (LNP).

Parameters	n	t	Significance	
Volume of filtered water (m^3)/haul	9	45.801	++	MTB<LNP
Plankton wet weight (g)/haul	10	3.538	++	MTB<LNP
No. of all fish eggs/haul	10	4.835	++	MTB<LNP
No. of anchovy eggs/haul	10	5.066	++	MTB<LNP
No. of fish eggs except anchovy/haul	10	2.649	+	MTB<LNP
No. of all fish larvae/haul	10	4.668	++	MTB<LNP
No. of "iwashi" larvae/haul	10	2.495	+	MTB<LNP
No. of fish larvae except "iwashi"/haul	10	4.466	++	MTB<LNP
Plankton wet weight (g)/m^3	9	0.809	−	
No. of all fish eggs/m^3	9	1.068	−	
No. of anchovy eggs/m^3	9	1.653	−	
No. of fish eggs except anchovy/m^3	9	0.441	−	
No. of all fish larvae/m^3	9	2.400	+	MTB<LNP
No. of "iwashi" larvae/m^3	9	0.812	−	
No. of fish larvae except "iwashi"/m^3	9	2.906	+	MTB<LNP

++, 1% significance level; +, 5% significance level; −, not significant

方が多く，1％レベルで有意差があった．

一曳網当たりの全魚卵数，カタクチイワシ卵数，全仔魚数およびイワシ類以外の仔魚数では，1％レベルで改良型ノルパックネットの方が多い結果となった．また，カタクチイワシ以外の魚卵数およびイワシ類仔魚では，5％レベルで改良型ノルパックネットの方が多かった．

単位濾水量当たりでは，多くの場合有意差はなかったが，全仔魚数およびイワシ類以外の仔魚数では5％レベルで改良型ノルパックネットの方が多い結果となった（Fig. 4, Table 4）．

考　察

今回の採集試験では，改良型ノルパックネットの濾水量は丸特Bネットより実験①では36%，実験②では33%，実験③では32%多く，前報（松岡，1995）の結果（14.6%）を大きく上回った．プランクトン湿重量は前回が0.16～1.38 g，実験①が1.96～3.86 g，実験②が1.36～2.80 g，実験③が3.44～6.58 gと明らかに実験①～③の方が多かった．従って，前回よりプランクトン量が多く，目詰まりの起こりやすい条件下で採集試験が行われたと考えられ，このことが濾水量の差を大きくしたものと思われる．

実験①～③の中で，特に実験①は両ネット間で顕著な差が認められた観測項目が少なかった．この実験はかなりの荒天下で行われ，反復採集中に船が流されたために，採集試験中に生物分布がかなり変化していた可能性がある．また，一曳網当たりのプランクトン湿重量に有意差があったにもかかわらず，卵仔魚のほとんどに差がなかったことは，データ間のばらつきの他にこれらの微細分布にも差があったとも考えられる．ただ，理由は明らかでないが，Fig. 2C ではマイワシ卵の分布量が少ない場合には丸特Bネットの方が採集数が多く，分布量が多くなるにつれて改良型ノルパックネットの方が多く採集される傾向が認められた．実験③では，一曳網当たりすべての観測項目について有意差が認められた．これは恐らく，穏やかな海況の下で安定的に採集試験が行われたためと，しかも実験①～③の中では最もプランクトン量が多く目詰まりの起

こりやすい条件下であったためと思われる．ただ，実験①と②はマイワシの卵仔魚が主体であり，実験③はカタクチイワシとウルメイワシが主体のため，魚種による卵形，仔魚の行動，分布様式の違いなどが結果に微妙に影響した可能性も考えられる．

採集試験の結果を考慮する際に，仔魚の場合には，微細分布の他に網口逃避も重要な問題となる（森，1981）．実験②のマイワシ卵とマイワシ仔魚の結果の差はこのことが影響しているのかもしれない．実験③における単位濾水量当たりの全仔魚数とイワシ類以外の仔魚で改良型ノルパックネットの方が有意に多い点は特に注目される．本ネットの濾水量の多さを考慮すると，この差は極めて顕著である．小笹・木元（1987）は，開口比の異なるネット中では水流の速さに差があることを報告している．ネットに目詰まりが起こり濾水率が低下した場合，網口前方の流れの乱れを伴うため，仔魚の網口逃避に影響を及ぼす（より網口逃避が起こりやすくなる）と考えられる（上野，1988）．また，実験①および③において，イワシ類以外の仔魚が改良型ノルパックネットで多い点は，魚種による網口逃避能力の差を示しているのかもしれない．

以上の結果から，プランクトン量がある程度以上に多い場合には，丸特Bネットでは明らかに目詰まりを起こし，曳網中に各層が均等に濾過されるという前提（森，1981）が満たされず，卵仔魚の十分な定量採集が行われないものと考えられる．澤本他（1983）でもプランクトン量が多い場合には，丸特Bネットのみならず通常のノルパックネットにおいても目詰まりが起こると報告されている．産卵調査の主目的は，採集された卵のデータから年間の総産卵量や産卵親魚量を推定するものであり，卵仔魚の定量採集が基本的に重要である．従って，改良型ノルパックネットのような開口比が大きく目詰まりを起こしにくいネットを用いる必要がある．今回の結果は，この必要性を具体的に示したデータのひとつであると考えられる．

今後，さらにプランクトンの多い時期や海域で，また，異なった魚種の卵仔魚を対象にして両ネットの比較試験を行い，どの程度の差があるのかを明らかにする必要がある．

文　献

小笹悦二・木元克則　1987：開口比の異なる2種類のプランクトンネット内の水流．西海区水産研究所研究報告，(64)，83–89.

松岡正信　1995：丸特Bネットと改良型ノルパックネットによる卵仔魚採集比較試験—I．薩南海域における47定点における採集結果．西海区水産研究所研究報告，(73)，21–26

森慶一郎　1981：魚類プランクトンの定量採集方法．漁業資源研究会議報，(22)，29–52.

元田　茂　1974：プランクトンの採集．「海洋プランクトン」(丸茂隆三編)，海洋学講座10，191–225，東京大学出版会，東京.

澤本彰三・吉田正人・塩田喜夫　1983：プランクトンネット3種の採集効率相互検定（予報）．東海大学海洋研究所研究報告，(5)，45–48.

上野正博　1988：プランクトンネットの濾水率が採集結果に与える影響．水産海洋研究会報，52(1)，1–6.

西水研研報　第73号　平成７年12月
Bull. Seikai Natl. Fish. Res. Inst., No. 73, December 1995

マイワシ卵のふ化率および摂餌開始期生残率等に及ぼす水温と塩分の影響

松　岡　正　信*

Influence of Temperature and Salinity on Hatching and Survival Rates at First-Feeding Stage in the Japanese Sardine

Masanobu Matsuoka*

ABSTRACT

Eggs of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*, collected from adjoining areas of Nagasaki Harbor, were incubated from Ab–Ac stage at four temperatures and seven salinities. The total and viable hatching rates at 17.3 and 21.0℃ were high, over 90%, except for a group at 17.3℃ which showed slightly lower values. The total and viable hatching rates, survival rate at first-feeding stage and rate of first-feeding success at 23.5℃ were lower than at 17.3 and 21.0℃. At 26.7℃, the total hatching rates were very low (20 and 28%) and no normally hatched larvae and no feeding ones were observed.

At salinities of 26.1, 30.5, 34.9 and 39.6, the total and viable hatching rates were high, mostly over 90%. At salinities of 44.3 and 53.8, these rates were slightly lower (above 70.6%), but the viable hatching rates at a salinity of 17.4 were considerably lower, 10 and 32%. The survival rate at first-feeding stage and rate of first-feeding success at salinities of 17.4, 44.3 and 53.8 were lower than the salinity range from 26.1 to 39.6.

Sardine eggs collected from near Tanegashima Island were incubated at two different temperature ranges on the research vessel. The total and viable hatching rates at the range 16.2～17.6℃ incubated from the Ba stage did not differ from the range at 21.1～22.1℃. The viable hatching rates of eggs incubated from the morula stage were lower than from the Ba stage.

平成７年12月12日受理（Received December 12, 1995）
西海区水産研究所業績第516号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 516）
本報告の一部は1989年10月，日本水産学会秋季大会（宮崎市）において発表した．
*西海区水産研究所　〒850 長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan）

はじめに

前報（松岡・三谷, 1989）では，マイワシ *Saldinops melanostictus* の初期発育と生態の基礎的知見を得る目的で，それまであまり例のなかった（Hayashi *et al.*, 1989）マイワシ卵のふ化・飼育を行った．また，天然卵のふ化率や正常ふ化率に与える水温や塩分の影響を予備的に検討した．

マイワシは，資源の高水準期には薩南海域が主産卵場となり，資源の低水準期よりかなり高温・高塩分下で産卵することが知られている（黒田, 1991a）．そこで，本種の卵・仔魚がどの程度の温度耐性や塩分耐性を持つかを明らかにすることは，産卵場の形成や卵・仔魚の生残・成長等に関わる重要な知見を与えるものと考えられる．今回の報告はこの点に注目して，長崎港近海で採集した卵を用いて，前回より実験例を増やすとともに，設定水温や塩分範囲を広げてふ化実験を行い，それらがふ化率，摂餌開始期生残率，および摂餌率等に与える影響について検討した．また，薩南海域で採集した卵のふ化実験の結果も併せて報告する．

本研究を行うにあたり，西海区水産研究所資源管理部三谷卓美研究員（現南西海区水産研究所外海浮魚資源研究室長），調査船「陽光丸」の乗組員諸氏，および長崎市深堀漁協所属「信丸」の江上信夫船長にはマイワシ卵の採集にご援助いただいた．長崎県水産試験場増養殖研究所の職員の方々には餌のワムシを提供していただいた．また，当所浮魚資源生態研究室小西芳信室長には本論文の校閲を，STA Fellowship 研究員 Chris Norman 博士には英文の校閲をしていただいた．ここに記して深く感謝の意を表する．

方　法

長崎港近海でのマイワシ卵の採集は，1989年3月13，15，17，25，27日の昼間に，前報（松岡・三谷, 1989）と同じ定点において，口径57cmのプランクトンネットの5分間表層びき（速度約2ノット）によって行った．卵採集時の表面水温は14.4～16.4℃であった．いずれの調査日にも，A，B，Cの3発育段階（Nakai, 1962）の卵が採集されたが，このうち，前日の夜に産卵されたと思われる Ab～Ac stage の卵を実体顕微鏡下で選別して，以下の実験に用いた．実験には，採集現場の海水をミリポアフィルターで濾過して用いた．

水温（特に高水温）の影響を調べるために，各約50個の卵を塩分濃度34.2または34.7の濾過海水を入れた500ml容器に収容し，水温を17.3，21.0，23.5，26.7℃前後に設定した恒温水槽内に設置した．また，塩分の影響を調べるために，各約50個の卵を塩分濃度17.4，26.1，30.5，34.9，39.6，44.3，53.8の濾過海水を入れた同容器に収容し，水温16.9～17.9℃の範囲で恒温水槽内でふ化させた（Table 1）．それぞれの条件下で各4群の実験を行い，このうち2群はふ化後にホルマリン固定し，ふ化率および正常ふ化率（異常仔魚やふ化直後に死亡した個体を除いたもの）を算出した．他の2群は摂餌開始期にS型ワムシを与え，その1時間後に固定し，生残率と摂餌率を算出した．摂餌率については，消化管内にワムシあるいはその消化物が明瞭に認められるものを摂餌個体と判断した．

薩南海域産の卵は，水産庁西海区水産研究所調査船「陽光丸」によって，1989年3月2～3日に種子島西沖（北緯30°35.3′，東経130°51.3′）で採集した．卵採集時の表面水温は20.3℃であった．Ba stage の卵各約50個を水温16.2～17.6℃の範囲で5群，21.1～22.1℃の範囲で5群ふ化させた．また，Aa stage（桑実胚期）の卵各50個を水温17.2℃で1群，22.0～22.1℃で2群ふ化させた．使用した濾過海水の塩分濃度はいずれも34.8であった（Table 2）．

結　果

1. 水温の影響

17.3℃区では1群でふ化率86%，正常ふ化率74%と

Table 1. Temperature and salinity conditions maintained during the incubation experiments of Japanese sardine eggs collected from adjoining area of Nagasaki Harbor.

Trial No.	Sampling date	Egg stage	n	Temperature (℃)	Salinity
1	Mar. 13	A	50*	17.6 ± 0.3	17.43
2	13	A	50*	17.6 ± 0.3	17.43
3	13	A	50*	17.6 ± 0.3	26.14
4	13	A	52*	17.6 ± 0.3	26.14
5	13	A	50*	17.6 ± 0.3	30.49
6	13	A	50*	17.6 ± 0.3	30.49
7	13	A	50*	17.6 ± 0.3	34.85
8	13	A	50*	17.6 ± 0.3	34.85
9	13	A	50*	17.6 ± 0.3	39.58
10	13	A	50*	17.6 ± 0.3	39.58
11	13	A	50*	17.6 ± 0.3	44.30
12	13	A	51*	17.6 ± 0.3	44.30
13	13	A	45*	17.6 ± 0.3	53.76
14	Mar. 15	A	50*	17.3 ± 0.3	53.76
15	15	A	50**	17.3 ± 0.3	17.43
16	15	A	50**	17.3 ± 0.3	26.14
17	15	A	50**	17.3 ± 0.3	30.49
18	15	A	50**	17.3 ± 0.3	34.85
19	15	A	50**	17.3 ± 0.3	39.58
20	15	A	50**	17.3 ± 0.3	44.30
21	15	A	50**	17.3 ± 0.3	53.76
22	Mar. 17	A	50*	17.3 ± 0.2	34.18
23	17	A	50*	17.3 ± 0.2	34.18
24	17	A	50*	21.0 ± 0.1	34.18
25	17	A	50*	21.0 ± 0.1	34.18
26	17	A	50*	23.5 ± 0.5	34.18
27	17	A	51*	23.5 ± 0.5	34.18
28	17	A	50*	26.7 ± 0.3	34.18
29	17	A	50*	26.7 ± 0.3	34.18
30	17	A	50**	17.3 ± 0.2	34.18
31	17	A	50**	21.0 ± 0.1	34.18
32	17	A	50**	23.5 ± 0.5	34.18
33	17	A	50**	26.7 ± 0.3	34.18
34	Mar. 25	A	50**	17.3 ± 0.2	34.73
35	25	A	50**	21.0 ± 0.1	34.73
36	25	A	50**	23.7 ± 0.2	34.73
37	25	A	50**	26.7 ± 0.2	34.73
38	25	A	50**	17.3 ± 0.2	30.49
39	Mar. 27	A	50**	17.2 ± 0.3	17.43
40	27	A	50**	17.2 ± 0.3	26.14
41	27	A	50**	17.2 ± 0.3	34.85
42	27	A	50**	17.2 ± 0.3	39.58
43	27	A	50**	17.2 ± 0.3	44.30
44	27	A	50**	17.2 ± 0.3	53.76

*Fixed at hatching. **Fixed at first-feeding stage.

やや低い値を示したものの，別の群ではそれぞれ100%，94%と高く，21.0℃区ではふ化率は96%と100%，正常ふ化率は94%と98%と2群とも高い値であった．これに対して，23.5℃区ではふ化率は88.2%と94%，正常ふ化率は76.5%と82%と，特に後者でやや低い傾向がみられた．26.7℃区ではふ化率は20%と28%と非常に低く，正常ふ化率は0%であった（Fig. 1）．Fig. 2A は26.7℃区の死亡卵とふ化仔魚を示しているが，ふ化仔魚は全て尾部が極端に湾曲したり，収縮した異常個体であった．

摂餌開始期生残率は17.3℃区では2群とも90%，21.0℃区では92%と98%と高い値を示したのに対し

Table 2. Temperature and salinity conditions maintained during the incubation experiments of Japanese sardine eggs collected from near Tanegashima Island.

Trial No.	Sampling date	Egg stage	n	Temperature (℃)	Salinity
1	Mar. 2	B	50	16.2 ± 0.2	34.82
2	2	B	50	16.4 ± 0.1	34.82
3	2	B	51	16.6 ± 0.2	34.82
4	2	B	51	17.2 ± 0.2	34.82
5	2	B	48	17.6 ± 0.2	34.82
6	2	B	50	21.1 ± 0.2	34.82
7	2	B	49	21.3 ± 0.2	34.82
8	2	B	51	21.4 ± 0.2	34.82
9	2	B	50	21.9 ± 0.3	34.82
10	2	B	50	22.1 ± 0.4	34.82
11	2	A	50	17.2 ± 0.2	34.82
12	2	A	50	22.0 ± 0.3	34.82
13	3	A	50	22.1 ± 0.4	34.82

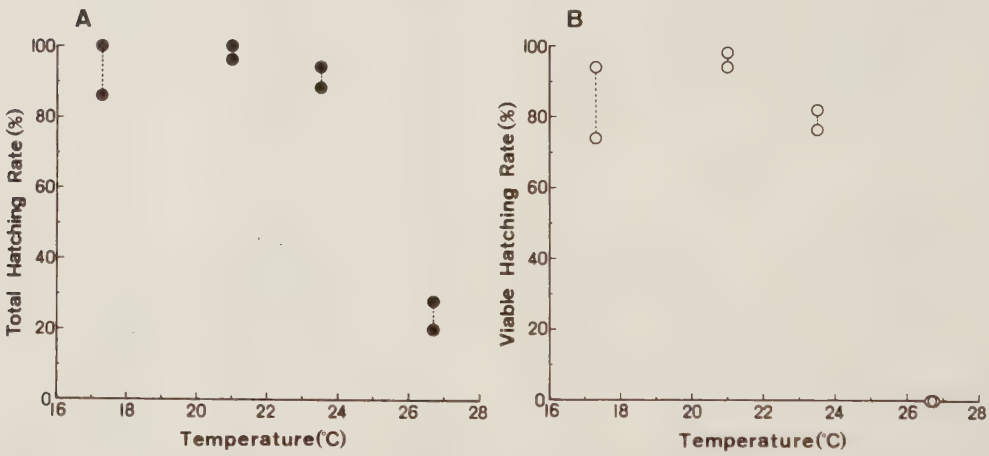

Fig. 1. Effect of temperature on the hatching rate of Japanese sardine eggs. A : Total hatching rate. B : Viable hatching rate. For details of the experimental conditions, see Table 1.

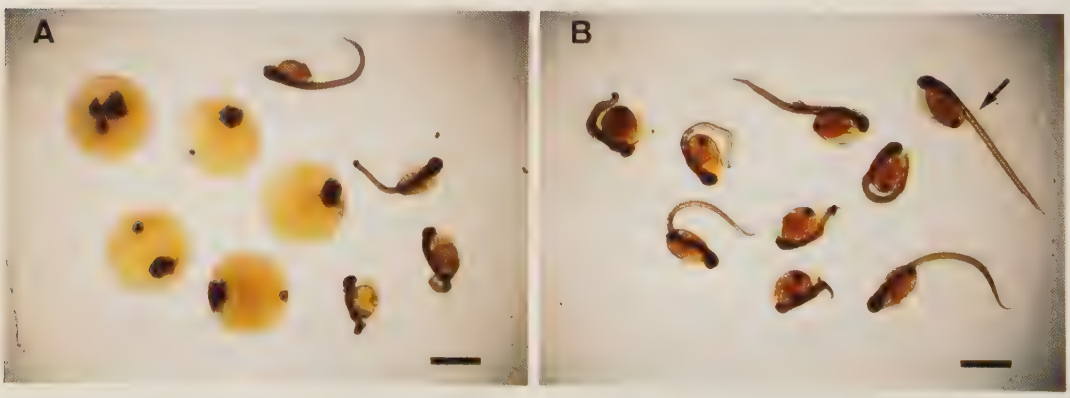

Fig. 2. Dead eggs and abnormal larvae of the Japanese sardine observed in the hatching experiments. A : At 26.7℃. B : Salinity 17.4. Arrow indicates a normal larva. Scale bars=1mm.

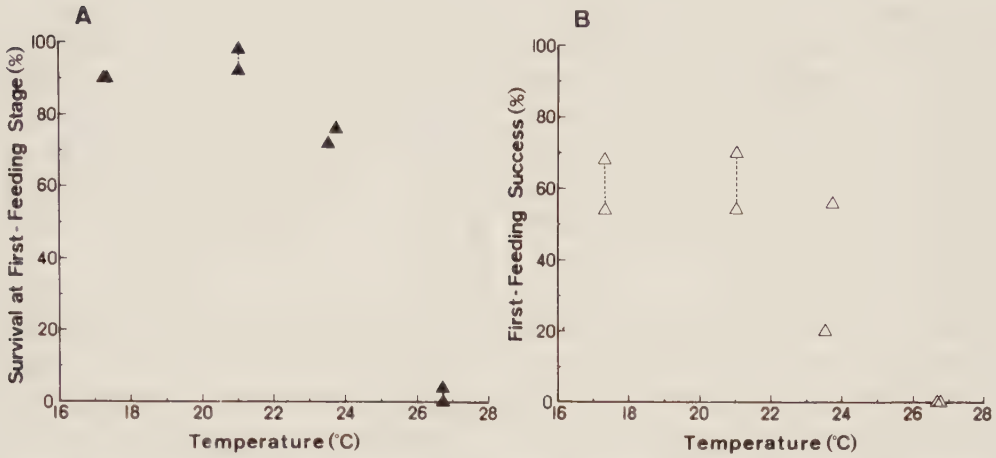

Fig. 3. Effect of temperature on the survival and feeding rates at the first-feeding stage of Japanese sardine larvae. A : Survival rate at first-feeding stage. B : Rate of first-feeding success. For details of the experimental conditions, see Table 1.

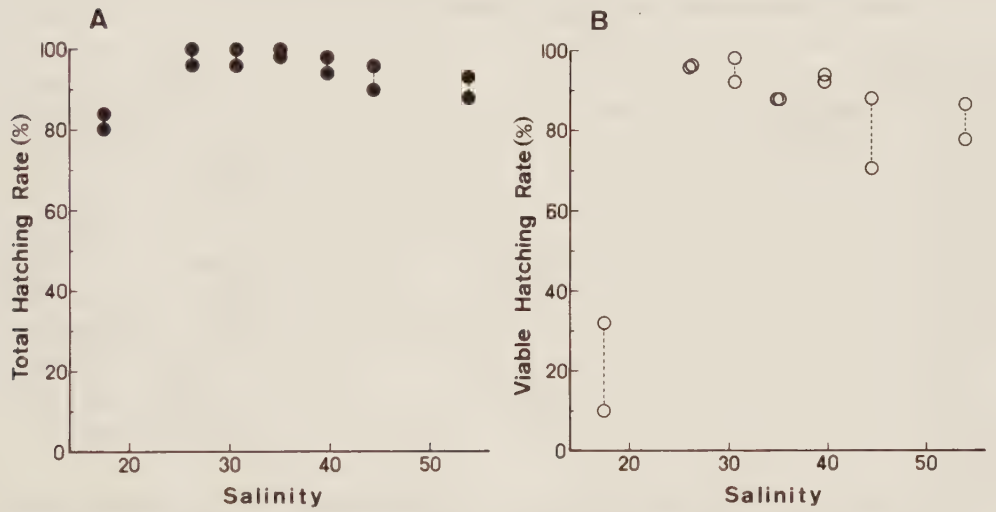

Fig. 4. Effect of salinity on the hatching rate of Japanese sardine eggs. A : Total hatching rate. B : Viable hatching rate. For details of the experimental conditions, see Table 1.

23.5–23.7℃区では72%と76%とやや低く，26.7℃区ではほとんどの個体が死亡した結果，0％と4％であった．摂餌率は17.3℃区では54%と68%，21.0℃区では54%と70%と両区ともほぼ同様の値を示した．23.5–23.7℃区では20%と56%で，1群でかなり低い値を示した．また，26.7℃区では摂餌個体は認められなかった（Fig. 3）．

2. 塩分の影響

塩分濃度26.1，30.5，34.9，39.6の4区ではふ化率は94～100%，正常ふ化率は88～98%と高く，各区の間に大きな差はなかった．また，44.3および53.8区ではふ化率，正常ふ化率ともにやや低い傾向がみられた．一方，17.4区ではふ化率は80%と84%であったものの，正常ふ化率は10%と32%と非常に低かった（Fig. 4）．Fig. 2B は17.4区のふ化仔魚で，尾部が極端に湾曲した個体が多く認められた．

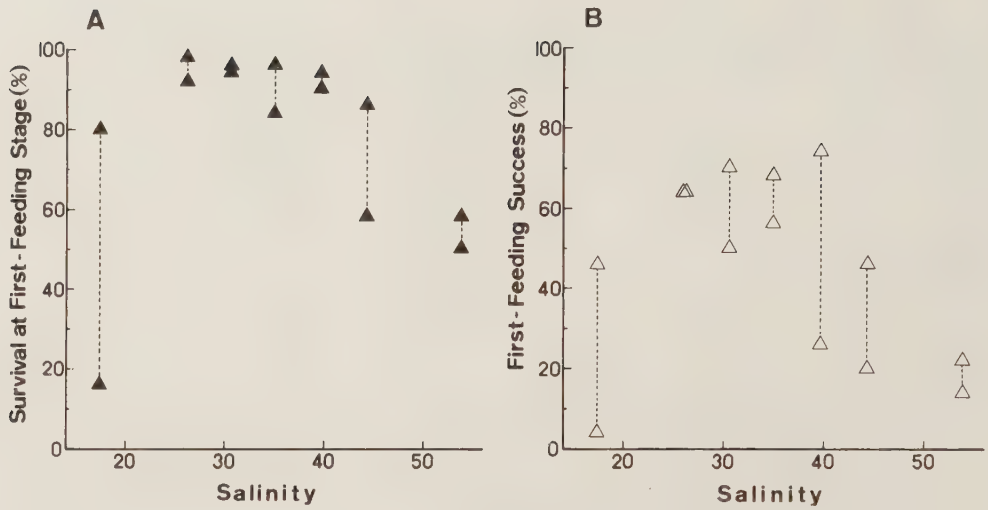

Fig. 5. Effect of salinity on the survival and feeding rates at the first-feeding stage of Japanese sardine larvae. A : Survival rate at first-feeding stage. B : Rate of first-feeding success. For details of the experimental conditions, see Table 1.

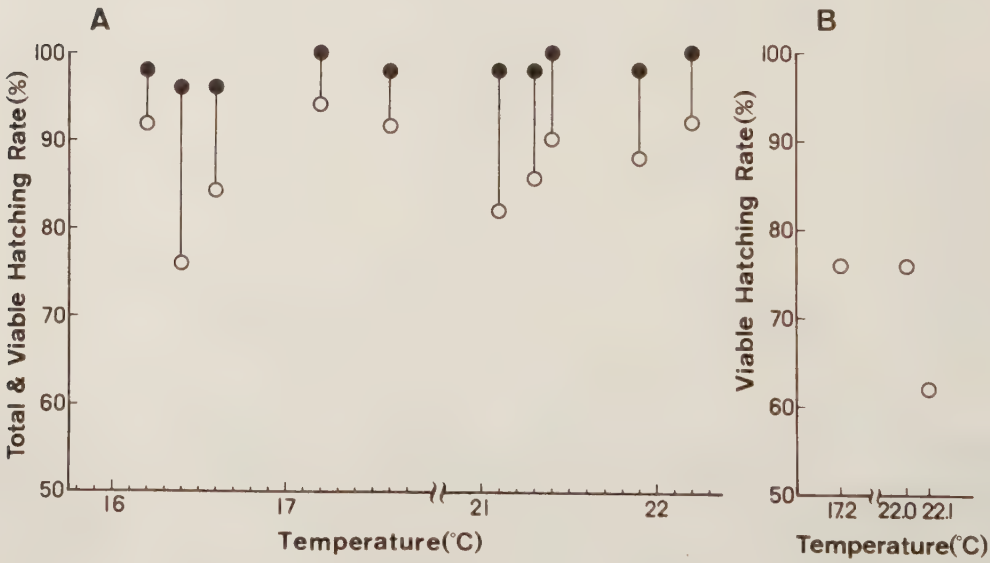

Fig. 6. Effect of temperature on the hatching rate of Japanese sardine eggs collected from near Tanegashima Island. A : Total (solid circle) and viable (open circle) hatching rates of eggs incubated from the Ba stage. B : Viable hatching rate of eggs incubated from the morula stage. For details of the experimental conditions, see Table 2.

摂餌開始期生残率は塩分濃度26.1～39.6の4区では84～98%と高い値を示したが，44.3区では58%と86%，53.8区では50%と58%と生残率が低下する傾向が認められた．摂餌率は塩分濃度26.1，30.5，34.9の3区では約60%前後であったが，これより低塩分域の17.4区や39.6以上の高塩分区では低下する傾向にあった（Fig. 5）．

3. 薩南海域における船上ふ化実験

Ba stage から実験を開始した卵のふ化率は16.2～

17.6℃の低温域で96.0～100%（平均97.6%），21.1～22.1℃の高温域で98.0～100%（平均98.8%）と高く，両者間でほとんど差はなかった．正常ふ化率はかなりばらつきはあるものの，低温域で76.0～94.1%（平均87.6%），高温域で82.0～92.0%（平均87.6%）と差は認められなかった（Fig. 6A）．

Aa stage（桑実胚期）から実験を開始した卵では，実験中に死亡した卵やふ化仔魚が崩壊し，その計数が困難であった．そこで，正常ふ化率のみを示すと，17.2℃区では76%，22.0℃区で76%，22.1℃区で62%とやや低い値であった（Fig. 6B）．

考　察

今回の長崎港近海から採集されたマイワシ卵を用いた実験結果では，17.3～21.0℃の範囲では卵のふ化率や仔魚の生残率等に特に影響を及ぼさないものと考えられた．しかし，23.5℃以上ではふ化率や生残率が低下し，明らかに悪影響が認められた．このことから，卵とふ化仔魚の適水温範囲の上限は21.0～23.5℃の間にあるものと考えられる．また，薩南海域における船上ふ化実験では，Ba stage から実験を開始した場合には，22℃台でも高いふ化率を示した．黒田（1991b）は産卵調査資料に基づき，マイワシの産卵およびその後の卵の発生の臨界上限水温を21℃台と推定した．しかし，本実験からみる限り，少なくとも Ba stage 以降では21℃の水温がふ化の障害になるとは思われなかった．柏木（1989）はシロギス *Sillago japonica* の卵において，ふ化限界温度や同最適温度は産卵水温（環境水温）と相関して変化すると報告している．従って，薩南海域の高水温下で産卵された卵は，他の低水温域で産卵された卵（たとえば長崎港近海等）より高い高温耐性を持つ可能性も考えられる．

一方，発育初期の桑実胚期から実験を開始した卵の正常ふ化率はいずれの区でもやや低い値を示した．シロギス他数種の魚種では，受精時から胞胚期までと嚢胚中期から眼胞形成（原口閉鎖）期までの2期間が水温変化に弱いことが知られている（柏木，1989）．また，スケトウダラ *Theragra chalcogramma* では桑実胚期までの卵は低水温への変化に対して極めて弱いと報告されている（中谷・前田，1984）．従って，マイワシにおいても，卵の発生初期には高水温または低水温や水温変化に対して高い感受性を持つ可能性がある．今回のふ化実験はある程度発育の進んだ天然卵を用いたので，卵の発生初期の温度耐性については不明である．このことを明らかにするためには，水槽内自然産卵または人工受精卵を用いて，卵の発生初期からふ化実験を行う必要がある．また，本研究では特に高水温の影響を調べるために実験条件を設定した．しかし，Lasker（1964）によると，カリフォルニアサージン *S. caerulea* では13℃未満の水温では仔魚の網膜の色素沈着や顎の形成に支障をきたすと報告されている．前報（松岡・三谷，1989）では14℃区のふ化率と正常ふ化率は90%以上の高い値を示したが，今後，更に低水温の影響を詳細に調べる必要がある．

Nakai（1966）は塩分濃度8.6，17.3，34.6，69.2の各海水でマイワシ卵をふ化させた結果，17.3区でふ化率，正常個体生残率等が最も高かったと報告している．一方，本研究では塩分濃度26.1～39.6の範囲ではふ化率，正常ふ化率，摂餌開始期生残率等は高い値を示したが，それより低塩分域および高塩分域では各値は低下した．特に，塩分濃度17.4区の正常ふ化率は非常に低く，前述の報告とは全く異なった結果であった．また，前報（松岡・三谷，1989）でも1/2海水区の正常ふ化率は低い値であった．Nakai（1966）の実験は各区にわずか6個の卵を用いたものであり，著者自ら再検討を要するとしているように，疑問の残る結果である．一般に，海産魚の卵ではふ化可能範囲が広く，特に高濃度側の限界レベルが高く，自然界にはほとんど存在しない濃度においても正常ふ化率が高いという（柏木，1989）．また，南アフリカピルチャード *S. ocellata* では，塩分濃度33～36の範囲内では卵の生残にほとんど変化がなかったと報告されている（King, 1977）．本研究結果から，極端な低・高塩分濃度は別にして，マイワシ卵も他の海産魚の卵と同様に高い塩分耐性を持つことが明らかとなった．従って，一般にマイワシ卵が分布する海域において塩分条件がマイワシ卵のふ化や摂餌開始期の生残にとって大きな障害になることは少ないものと考えられる．

文 献

Hayashi, A., Y. Yamashita, K. Kawaguchi and T. Ishii 1989 : Rearing method and daily otolith ring of Japanese sardine larvae. Nippon Suisan Gakkaishi, 55(6), 997–1000.

柏木正章 1989：発生と孵化管理.「水族繁殖学」(隆島史夫・羽生功編), 195–237, 緑書房, 東京.

King, D. P. F. 1977 : Influence of temperature, dissolved oxygen and salinity on incubation and early larval development of the South West African pilchard *Sardinops ocellata*. Investl Rep. Sea Fish. Brch S. Afr., (114), 1–35.

黒田一紀 1991a：マイワシの初期生活期を中心とする再生産過程に関する研究. 中央水産研究所研究報告, (3), 25–271.

黒田一紀 1991b：マイワシの長期変動. 海と空, 66, 19–36.

Lasker, R. 1964 : An experimental study of the effect of temperature on the incubation time, development, and growth of Pacific sardine embryos and larvae. Copeia, 1964 (2), 399–405.

松岡正信・三谷卓美 1989：長崎港近海で採集されたマイワシ卵のふ化・飼育(予報). 西海区水産研究所研究報告, (67), 15–22.

Nakai, Z. 1962 : Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (TemmincK & Schlegel). Japan. J. Ichthyol., 9(1–6), 1–115.

Nakai, Z. 1966 : Effect of salinity on the early development of the Japanese sardine. J. Tokai Univ., (1), 71–89.

中谷敏邦・前田辰昭 1984：スケトウダラ卵の発生に対する水温の影響およびその浮上速度について. 日本水産学会誌, 50(6), 937–942.

マイワシの人工受精と卵の発生

松岡　正信*・宮地　邦明**・加藤　修*

Artificial Fertilization and Egg Development of the Japanese Sardine

Masanobu Matsuoka*, Kuniaki Miyaji** and Osamu Katoh*

ABSTRACT

This paper reports on the successful artificial fertilization of the eggs and observations of the embryonic development of the Japanese sardine, *Sardinops melanostictus*. Adult sardines were caught by rod and line near Tanegashima Island. Males were fished from the surface, and a single ripe female from 10–15 m depth, at 20 : 20, 3 March 1992. Artificial fertilization was attempted by the "dry method". A batch of ca. 2,000～3,000 inseminated eggs was incubated in 1 and 2 *l* beakers at a temperature of 21–22℃.

One hour after insemination, a perivitelline space was formed and the first cleavage of the blastodisc was observed. It was noted that some eggs formed a perivitelline space and blastodisc, but did not develop further, suggesting the eggs were unfertilized. For some specimens, the fixiation of eggs in formalin solution caused considerable ejection of yolk matter into the perivitelline space, mainly between the blastula stage and the end of the Aa stage. In 4 hours, eggs reached the blastula stage, B stage in 12 hours and C stage in 24 hours. Hatching occurred within 30 to 36 hours. Unfortunately, all larvae died within 1.5 days after hatching, probably because of the deterioration of the rearing sea water. Artificial fertilization of natural sardine eggs, not induced by hormones, may allow developmental experiments to be carried out under controlled conditions on the research vessel.

平成7年12月12日受理（Received December 12, 1995）
西海区水産研究所業績第518号（Contribution from Seikai National Fisheries Research Institute, No. 518）
本報告の一部は1992年10月，日本水産学会秋季大会（下関市）において発表した．
*西海区水産研究所　〒850 長崎市国分町49（Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi, Nagasaki 850, Japan）
**現所属：水産庁研究課　〒100 東京都千代田区霞が関（Research Division, Fisheries Agency, Kasumigaseki, Tokyo 100, Japan）

はじめに

日本産マイワシ *Sardinops melanostictus* は1988年に過去最高の449万トンの年間漁獲量を揚げたが，1989年以降その漁獲量は急激に減少しており，今後の資源動向が注目されている．本種の資源研究には長年の蓄積があるが，松岡・三谷（1989）も指摘しているように，産卵や発育初期の生態等について多くの不明な点が残されている．従って，本種の資源変動機構を明らかにするためには，更に多くの生物学的知見を充実させる必要がある．

本報告はマイワシの人工受精とその後の卵発生の観察に関するものである．マイワシ属魚類においては，最終成熟に達した雌親魚の入手が困難なため（Clark, 1934；Miller, 1952），人工受精に関する報告も少ない．日本産マイワシでは，1928～1930年に京都府でイワシ人工ふ化試験が行われ，マイワシとウルメイワシの人工受精卵が放流されたという記録がある（京都府水産講習所，1930，1931a，1931b）．その後，Nakai（1962）は1941年に流網漁獲物から親魚を入手し，人工受精によって発生実験を行った．また，小林（1944）は1944年に水産試験場（当時）が採集した親魚の人工受精によって，発生過程を詳細に観察記録した．最近では，田中（1993）が人工受精卵を用いて比重の変化を調べているが，人工受精や卵発生に関しては言及していない．日本産マイワシ以外では，カリフォルニアサージン *S. caerulea*（Miller, 1952）とニュージーランドピルチャード *S. neopilchardus*（Baker, 1972）で人工受精の報告がされている．最近，ホルモン投与によるマイワシの産卵は可能となったが（松山他，1991），水槽内自然産卵にはまだ成功していない．ミルクフィッシュ *Chanos chanos* では天然卵とホルモン処理による卵には卵径や化学的成分にかなり差があると報告されている（Ako *et al.*, 1994）．従って，天然マイワシの人工受精が比較的容易にできれば，ホルモン処理によらない天然マイワシの様々な発生実験が可能となる．筆者らは1992年３月の産卵調査中に，マイワシの人工受精を行い，調査船上でふ化させることができたため，その観察結果についてここに報告する．また，産卵調査による産卵量推定と深く関係すると思われる未受精卵の出現やホルマリン固定した卵の崩壊現象についても併せて言及する．

本研究を行うにあたり，西海区水産研究所所属調査船「陽光丸」の乗組員諸氏にはマイワシ親魚採集にご協力いただいた．また，浮魚資源生態研究室小西芳信室長には本論文の校閲を，STA Fellowship 研究員 Chris Norman 博士には英文の校閲をしていただいた．ここに記して深く感謝の意を表する．

方　法

人工受精に用いたマイワシ親魚は種子島西方沖（北緯30°35.6′，東経130°53.9′）で釣り（通称サビキ釣り）によって採集した．採集は1992年３月３日20時頃から開始した．この時，表層には多くのマイワシが群れていたが，ここで採集されたものは全て痩せた個体であった．そこで，釣り仕掛けを表面から10～15m程度沈めたところ，20時20分に腹部の膨満した雌が１個体採集された．腹部を軽く圧すと透明な完熟卵が認められたため，既に表層で採集されていたものの中から精液を出す雄個体を選び出し，乾導法により20時30分と50分に人工受精を行った．媒精された各2,000～3,000粒の卵を１および２ℓの２個のビーカーに収容した．水温は21～22℃前後であった．実体顕微鏡下で時々卵の発生過程を観察した後，一部の卵を10%海水ホルマリンで固定した．調査終了後，これらの固定卵を実体顕微鏡下で再び詳しく観察すると共に，顕微鏡写真を撮影した．卵の stage 区分は原則としてNakai（1962）に従った．

人工受精に用いた雌雄親魚はホルマリン固定して持ち帰り，体各部の測定と鱗による年齢査定を行った．また，雌については卵巣を摘出し，卵巣卵の顕微鏡観察を行った．

結果および考察

人工受精に用いた雌とその卵巣を Fig. 1A に，雌雄の体各部の測定値を Table 1 に示した．雌では，特に体高が著しく高い値を示した．卵巣重量は22.0gで体重の22%を占めたが，人工受精前には更に高い値であったと考えられる．鱗による年齢査定結果では，雌は満5歳，雄は満4歳と推定された．卵巣は透明な吸水完熟卵が全体積の大部分を占め，縁辺部に小さな未熟卵が認められた（Fig. 1B）．また，生殖孔付近では大部分が吸水完熟卵であったが，卵巣の前端付近では未熟卵もかなり存在していた．

Fig. 1C は媒精後1時間5分後の浮上卵で，囲卵腔が拡がり，卵割も始まって，2細胞期になったものである．この写真にはこの他に，僅かに囲卵腔を形成している卵も観察される．後の実験結果（松岡・小西，1993）から，これは未受精卵であると考えられる．なお，Nakai（1962）がマイワシの人工受精を行った際には，受精は媒精直後とその3時間後の2回起こったと報告されている．松岡・小西（1993）はマイワシの未受精卵が海水に接しただけで囲卵腔を形成することや，時間をかけて狭い囲卵腔を形成するタイプの未受精卵が存在することを報告している．従って，Nakai（1962）は囲卵腔が拡張したものを受精卵と判断したが，彼が観察した2回目の受精は，あるいは後者のタイプの未受精卵である可能性が考えられる．

人工受精卵は媒精後1時間19分で4細胞期（Fig. 1D），1時間42分で8細胞期（Fig. 1E），2時間10分で16細胞期（Fig. 1F），約3時間で桑実期（Fig. 1G），約4時間で胞胚期（Fig. 1H）に達した．前述の未受精卵の大部分は媒精後5時間前後までに容器の底に沈降して，卵の内部が崩壊した．西村（1958）はネットで採集したマイワシの発生初期卵に卵黄崩壊したものが多い原因について，ネット曳網中の物理的衝撃かまたは固定によって起こるものと推定した．今回は正常に発生中の卵を固定した後に再度観察したので，この間の卵黄崩壊の原因はホルマリン固定ということになる．このような点から卵を観察したところ，2細胞期から桑実期までは卵黄崩壊は全く起こらなかった．しかし，胞胚期には崩壊卵が僅かに出現した（Fig. 1H）．Fig. 2A は Aa stage の末期の卵（媒精後8時間15分）であるが高い割合で卵黄の全体に崩壊現象が起こっていた．Ab～Ac stage（10時間10分後）となり卵黄が胚盤葉に覆われる面積が増えるに従って，卵黄の崩壊程度は低くなった（Fig. 2B）．Fig. 2C（12時間7分）は Ac stage から Ba stage の移行期で，Ac stage の卵は僅かに卵黄が崩壊しているが，原口閉鎖が起こり B stage に達したものは卵黄崩壊現象は全く認められなかった（Fig. 2D は16時間36分後の Bb stage）．このように，ホルマリン固定による卵黄全体の崩壊は胞胚期から Aa stage の比較的短期間に集中していた．従って，この stage 以外の卵黄の崩壊はネット曳網中の衝撃や曳網後の処理等によって起こると考えられる．卵期の生態や生残率を推定するためには，産卵調査で採集される卵黄崩壊卵のうち，未受精卵，本来の死亡卵，ホルマリン固定による崩壊卵，曳網中やその後の処理等による崩壊卵等を厳密に区別するための知見を今後蓄積する必要があろう．

媒精後約24時間で C stage に達した（Fig. 2E）．Fig. 2F は胚体の尾部先端が頭部に達し，ふ化直前の Cc stage として筆者らが扱っているものである．ふ化は媒精後30～36時間の間に起こり，ほとんどのふ化仔魚は形態的に正常と思われた（Fig. 2G）．ふ化時間の個体変異を調べるために，Cc stage の卵20個を

Table 1. Body size of the female and male Japanese sardine used for artificial fertilization (measured after fixation).

	Total length (mm)	Body length (mm)	Body depth (mm)	Body width (mm)	Body weight (g)	Gonad weight (g)
Female	240	201	44.7	24.2	99.6	22.0
Male	230	192	35.7	21.4	74.2	—

—, not measured

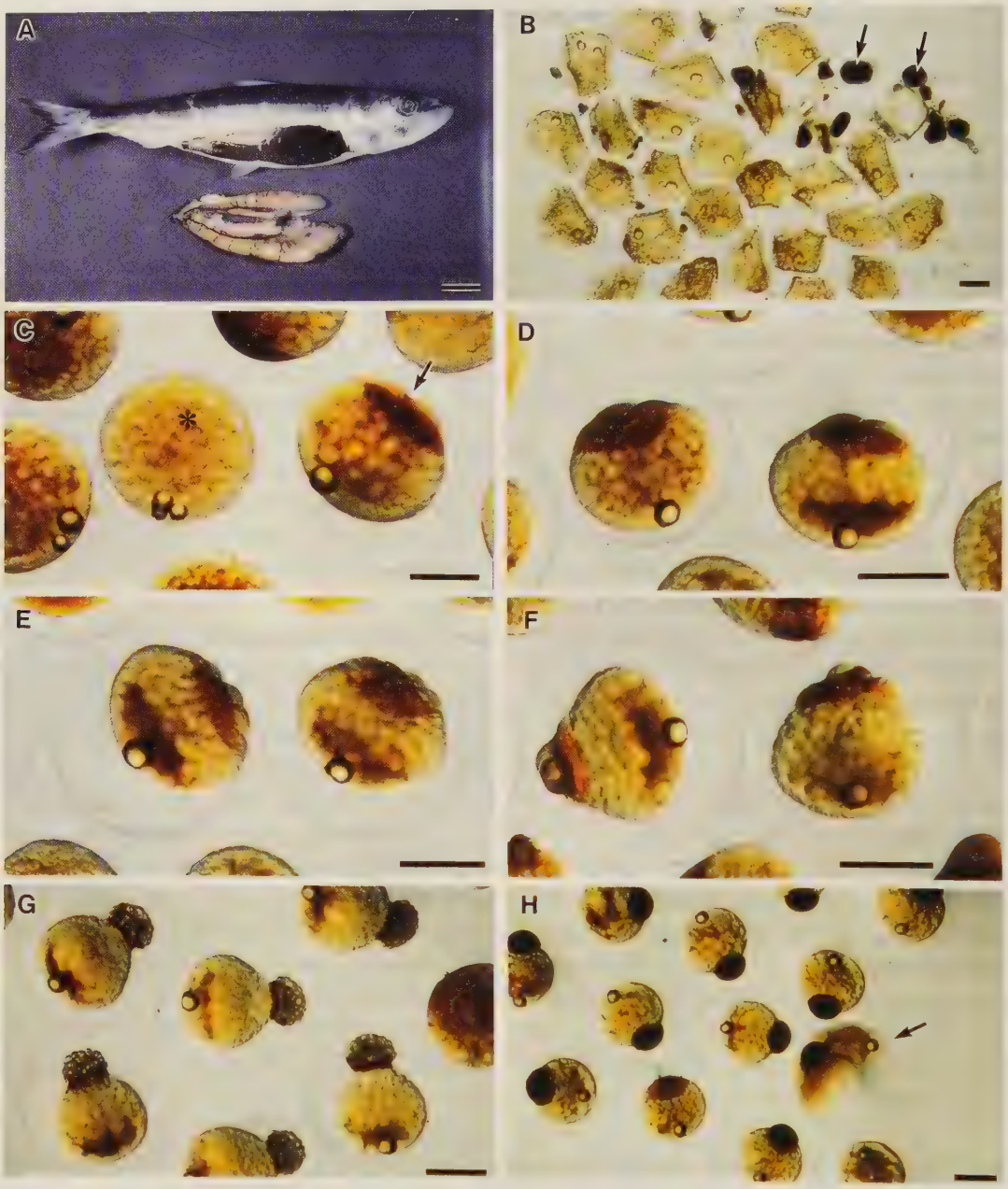

Fig. 1. A female Japanese sardine used for artificial fertilization and developing eggs. A: female and its ovary. B: fully matured and hydrated eggs and small immatured ones (arrows). C: 2-cell stage (arrow). * shows an unfertilised egg. D: 4-cell stage. E: 8-cell stage. F: 16-cell stage. G: morula stage. H: blastula stage. Note the yolk of an egg (arrow) is burst. Scale bars indicate 20 mm (A) and 0.5 mm (B–H).

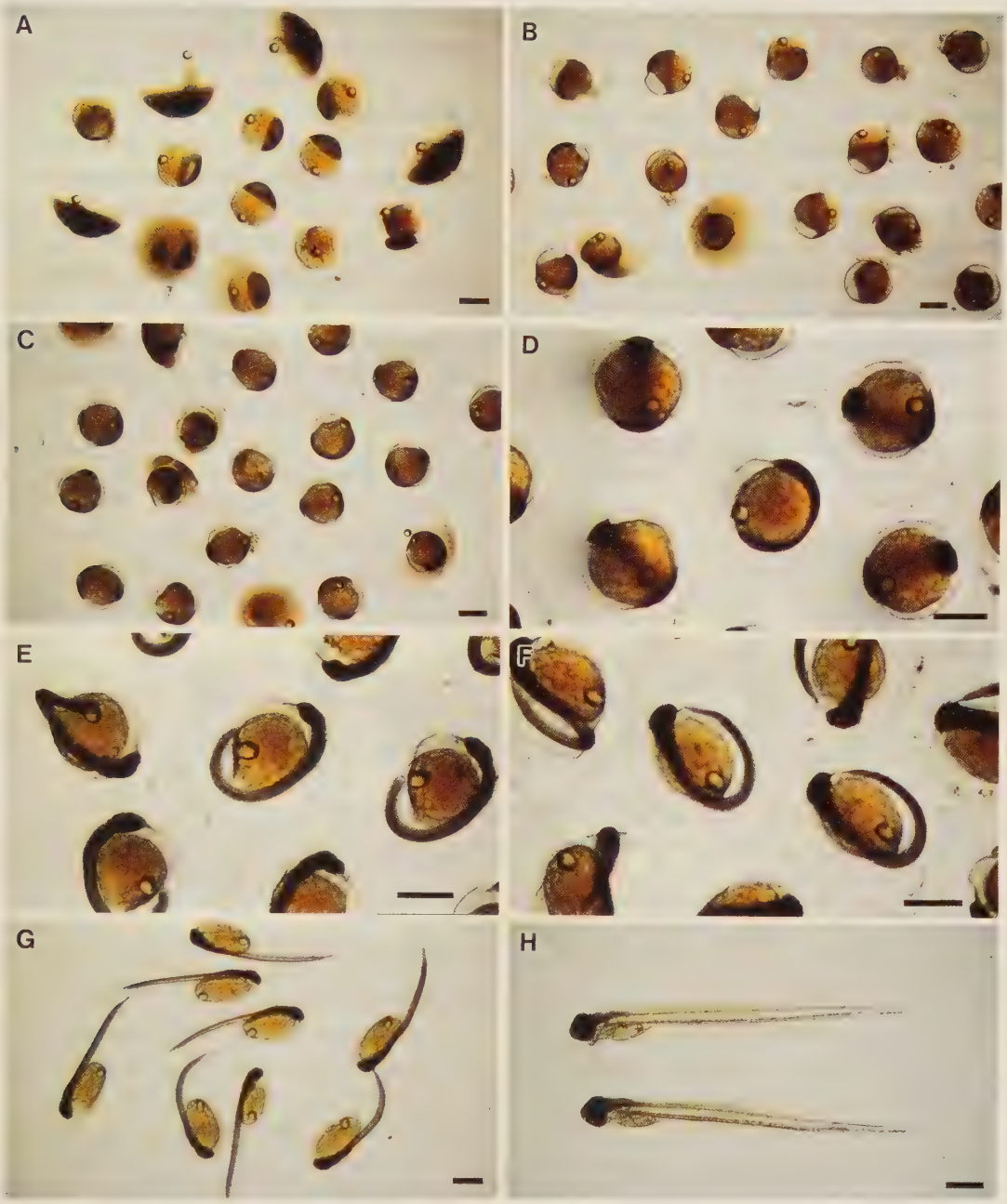

Fig. 2. Developing eggs and hatched larvae of the Japanese sardine. A: the last stage of Aa. Note the yolk of many eggs are entirely ejected into the perivitelline space. B: Ab–Ac stage. Note that the degree of ejection of yolk is slighter than in the previous stage. C: Ac–Ba stage. D: Bb stage. E: Ca stage. F: Cc stage. G: immediately hatched larvae. H: 34.5 hours old larvae. Scale bars indicate 0.5 mm.

シャーレに入れ，10分毎にふ化個体数を調べた．ふ化は特にある時刻にピークを形成することなく約4時間の間にばらばらに起こった（Fig. 3）．長崎港近海で採集した同一産卵日と思われる卵のふ化時間の範囲は6時間程度であった*．先の実験で同一時刻に媒精した卵でも約4時間の差があり，全体でも6時間程度であったことから考えると，天然海域でのマイワシ産卵群の産卵時刻は比較的集中しているのではないかと考えられる．Fig. 2H はふ化後34.5時間の仔魚で，卵黄はまだ残っているが，網膜に色素が沈着し，口も形成されている．この後，水温の上昇や水質の悪化をきたし，ふ化後1.5日で全て死亡した．

今回の人工受精の成功の大部分は産卵直前の雌親魚（と同時に雄も）を採集できたことによるものである．マイワシの産卵時刻は20時～24時の間と考えられており（松岡他，1991；森本，1993），ちょうど産卵開始時刻頃に採集したことになる．また，マイワシはやや深い層（40～60m）で産卵するのではないかと考えられるため（松岡他，1993），釣り仕掛けをやや深く沈下させたことも成熟雌を得られたひとつの要因かもしれない．今回は飼育設備等がなく，充分なふ化・飼育実験ができなかった．しかし，調査船で直接親魚を採集できれば，船上でも様々なふ化・飼育実験が可能なことを示したものと思われる．実際に，1993年の調査では刺網によって多くの親魚を採集し，人工受精実験を行った（松岡・小西，1993）．このような研究のためには，調査船が充実した飼育実験設備等を備えた海上実験室としての機能を持つことも重要であろうと考えられる．

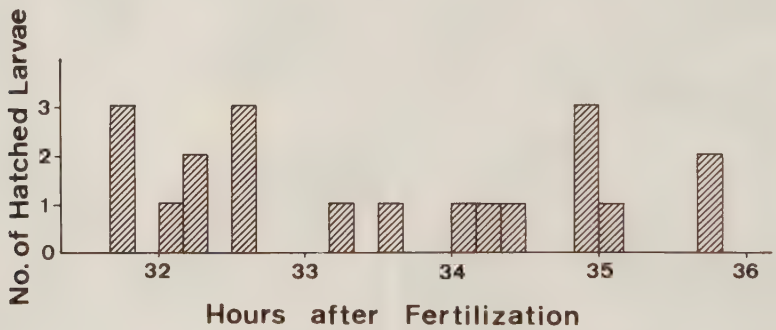

Fig. 3. Variation in number of hours between fertilization and hatching in 20 eggs of the Japanese sardine.

文　献

Ako, H., C. S. Tamaru and C.- S. Lee 1994: Chemical and physical differences in milkfish (*Chanos chanos*) eggs from natural and hormonally induced spawns. Aquaculture, 127, 157–167.

Baker, A. N. 1972: Reproduction, early life history, and age–growth relationships of the New Zealand pilchard, *Sardinops neopilchardus* (Steindachner). Fish. Res. Bull., (5), 64pp.

Clark, F. N. 1934: maturity of the California sardine (*Sardinops caerulea*), determined of by ova diameter measurements. Calif. Div. Fish and Game, Fish Bull., (42), 49pp.

小林久雄　1944：真鰯人工孵化の研究．海洋の科学，4(7)，290–295.

京都府水産講習所　1930：鰮人工孵化試験．昭和3年度京都府水産講習所事業報告，60–64.

京都府水産講習所　1931a：鰮人工孵化試験．昭和4年度京都府水産講習所事業報告書．45–46.

京都府水産講習所　1931b：鰮人工孵化試験．昭和5

*松岡，未発表

年度京都府水産講習所事業報告書. 95–96.
松岡正信・三谷卓美　1989：長崎港近海で採集されたマイワシ卵のふ化・飼育（予報）. 西海区水産研究所研究報告, (67), 15–22.
松岡正信・中村保昭・宮地邦明・呉　蓉・劉　紅斌　1991：薩南海域におけるマイワシ及びカタクチイワシの産卵時刻. 平成3年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p32.
松岡正信・小西芳信　1993：人工受精によるマイワシ卵の発生（続報）. 平成5年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p108.
松岡正信・宮地邦明. 加藤　修　1993：薩南海域におけるマイワシ及びカタクチイワシ卵・仔魚の垂直分布. 平成5年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, p107.
松山倫也・石田泰蔵・池浦　繁・松井誠一・田辺智唯・北島　力・松浦修平　1991：LHRH-a によるマイワシの成熟, 排卵促進. 水産海洋研究, 55 (4), 301–306.
Miller, D. J. 1952: Development through the prolarval stage of artificially fertilized eggs of the Pacific sardine (*Sardinops caerurea*). California Fish and Game, 38(4), 587–595.
森本晴之　1993：土佐湾のマイワシにおける卵母細胞の吸水完了および産卵開始時刻. 日本水産学会誌, 59(1), 7–14.
Nakai, Z. 1962: Studies of influences of environmental factors upon fertilization and development of the Japanese sardine eggs–with some reference to the number of their ova. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., (9), 109–150.
西村三郎　1958：ネット採集によるプランクトン標本中にみられるマイワシ卵の卵黄崩壊現象とそれに関連した2, 3の問題. 日本海区水産研究所研究報告. (4), 87–103.
田中祐志　1993：マイワシ卵の比重変化と鉛直移動. 沿岸海洋研究ノート, 31(1), 17–25.

非　売　品

平成７年12月　発行

水産庁西海区水産研究所
〒850　長崎市国分町49

印刷人　松　尾　隆一郎
印刷所　株式会社　リューブン
佐世保市柚木元町2673-1
電話（0956）㊶６０００

CONTENTS

(In Japanese with English abstract except * in English)

*Kazuyuki Teshima, Yoshiaki Kamei, Minoru Toda and Senzo Uchida
Reproductive Mode of the Tawny Nurse Shark Taken from the Yaeyama Islands, Okinawa, Japan with Comments on Individuals Lacking the Second Dorsal Fin. 1

Kazuo Abe and Yasunori Watanabe
A Preliminary Study on Manganese Distribution in the East China Sea 13

Masanobu Matsuoka
Comparative Efficiencies between Marutoku B net and Remodelled NORPAC Net in Sampling Fish Eggs and Larvae— I .
Results of Single Hauls at 47 Stations in the Southern Waters of Kyushu 21

Masanobu Matsuoka
Comparative Efficiencies between Marutoku B net and Remodelled NORPAC Net in Sampling Fish Eggs and Larvae— II .
Results of Repeated Hauls at 3 Sites in the Western Waters of Kyushu 27

Masanobu Matsuoka
Influence of Temperature and Salinity on Hatching and Survival Rates at First-Feeding Stage in the Japanese Sardine 37

Masanobu Matsuoka, Kuniaki Miyaji and Osamu Katoh
Artificial Fertilization and Egg Development of the Japanese Sardine 45

SEIKAI NATIONAL FISHERIES RESEARCH INSTITUTE

49 KOKUBU-MACHI, NAGASAKI 850

JAPAN